

雙月刊
核能簡訊
NUCLEAR NEWSLETTER
NO. 158
2016 FEBRUARY
千里之外的巴黎氣候峰會與我何干？
七十年老「電」新開張 台電4大事業部全新出發
日本核能重啟運轉，減少貿易赤字
德國的再生能源占比，台灣能嗎？
瑞典通過高放處置場建造申請案
芬蘭最終處置場獲准建造

核能簡訊 NUCLEAR NEWSLETTER

NO.158 雙月刊
FEBRUARY 中華民國一〇五年二月號

封面故事

1 千里之外的巴黎氣候峰會與我何干？ 編輯室

熱門話題

7 70年老「電」新開張　台電4大事業部全新出發 編輯室
11 日本核能重啟運轉，減少貿易赤字 朱鐵吉
14 日本高濱核電廠3、4號機獲准重新啟動 編輯室
15 龍門核電廠重要管制措施報導 編輯室

專題報導

16 德國的再生能源配比，台灣能嗎？ 編輯室

健康快遞

29 最新長壽秘訣 編輯室

核能脈動

31 2015年全球核能發電產業概況 編輯室
33 美國綜合撥款法案　提高國家核能開發基金 編輯室
36 美國高放射性廢棄物移置作業展開歷史新頁 編輯室
37 瑞典審查核准最終處置場的建造申請 編輯室
38 芬蘭核發全球首張地質處置場建築執照 編輯室
40 澳洲處置場場址初選結果出爐 編輯室

核能新聞

42 國外新聞 編輯室
45 國內新聞 編輯室

出版單位：財團法人核能資訊中心
地　　址：新竹市光復路二段一〇一號研發大樓208室
電　　話：（03）571-1808
傳　　真：（03）572-5461
網　　址：http://www.nicenter.org.tw
E-mail：nicenter@nicenter.org.tw
發 行 人：朱鐵吉
編輯委員：李四海、李清山、汪曉康、陳布燦、陳條宗、劉仁賢、謝牧謙、簡福添（依筆畫順序）
主　　編：朱鐵吉
文　　編：鍾玉娟、翁明琪、林庭安
執　　編：羅德禎
設計排版：長榮國際　文化事業本部
地　　址：台北市民生東路二段166號6樓
電　　話：02-2500-1175
製版印刷：長榮國際股份有限公司　印刷廠
行政院原子能委員會敬贈　廣告
台灣電力公司核能後端營運處敬贈　廣告

編　者　的　話

經過兩週的挑燈夜戰，全球將近200個國家代表在巴黎，共同簽署了具歷史意義的《巴黎協議》，承諾要攜手共同努力，致力於遏阻全球暖化，將全球氣溫升高幅度控制在攝氏2度以內。

一月下旬，北半球遭受霸王級寒流席捲，連台灣平地城市也飄下冰霰甚至是雪花，民眾賞此奇景、驚呼連連，但是美麗雪景的背後卻躲藏著恐怖的怪獸。從大西洋形成的風暴，就如一次劇烈的震盪，發揮氣流波動的傳遞作用，把暖空氣送往北極。有專家認為，聖嬰現象是暖空氣增強的元兇。暖空氣持續北上的後果堪虞，會加速北極地區的冰原融溶及海平面上升，淹沒低窪地區，甚至威脅人類及物種的生存。這也是為什麼《巴黎協議》中的抑制全球暖化的各項措施，成了簽約國迫在眉睫的處理項目。氣溫劇變及北極增溫，已為沉痾已久的地球敲響了刻不容緩的警訊。

為了展現身為地球村一份子的擔當，我國在本次巴黎氣候峰會之前，向聯合國提出了自訂的減碳承諾，減碳目標是2030年時的碳排量將比2005年減少20%，由目前一年2.62億公噸的排放量減至2.14億公噸。而去年才通過的「溫室氣體減量法」的目標是要在2050年將碳排降為2005的50%。

在巴黎氣候峰會結束不久，我國舉行4年一次的總統與立法委員選舉，選舉的結果，政黨再次輪替，可以預見的是政府的能源政策也將有所更易。根據2015年12月11日蔡英文、陳建仁競選辦公室網頁所張貼的「《英派革新》蔡英文的永續能源政策」，首段中揭櫫：「『2025非核家園』是我們不變的主張，未來10年，我們主張停建核四，其餘核電機組如期除役。只要能善用這10年的準備期，提出穩健的能源轉型計畫並加以落實，就能將台灣打造成一個就算沒有核電也不會缺電的非核家園。」

同時針對如何達到「不缺電」的目標提出三大對策，一、落實電源開發，二、提升能源效率；三、發展再生能源。第一項對策即是要完成台電目前電源開發計畫的全部建廠計畫，然而，為了因應廢核後的缺電危機，台電公司的解決方案是大量增加火力機組（已將能源局推廣再生能源方案納入考量），若以火力發電取代核電（假設燃煤、燃氣各半），每年碳排至少增加3,500萬噸，勢將難以達成巴黎協議的減碳目標。

衷心期待新的執政黨與新的行政團隊能開創新局，為我國的能源困境成功解套，實現競選承諾：「打造一個不缺電、安全又乾淨的永續台灣」。

千里之外的巴黎氣候峰會與我何干？

文・編輯室

在全世界掀起熱議的巴黎氣候峰會（COP21）2015年12月12日終於達成協議，歷經14天馬拉松式的協商後，身為主席的法國外交部長法畢斯說：「我的信念是讓各國共同提出有野心的協議，若各國首長都同意背書，將為全球寫下歷史性的一刻。」此時，195個國家代表起立鼓掌吹口哨歡呼。

這份《巴黎協議（Paris Agreement）》是用來取代2020年即將到期的《京都議定書（Kyoto Protocol）》，針對如何遏阻全球暖化危機，各國應採取的具體因應措施，以及需達成的目標，並規範全球各國應減少的碳排放量，以達成全球氣溫升



▲ 圖 1. 巴黎氣候峰會主席—法國外交部長法畢斯落槌敲定最後結論（圖：UNFCCC）

高不超過2℃的目標。

為了達到溫升不超過2℃，各國必須大量降低溫室氣體的排放，衝擊最大的就是各國的能源結構。特別的是，這次的減碳目標是由下而上的「自願」減碳目標，與京都議定書由上而下「規定」各國減碳目標的精神完全不同。而每個國家的「自願減碳目標」，也就是每個國家在COP21會議前向聯合國提出的減碳承諾──INDC（Intended National Determined Contribution）。

巴黎協議的重點

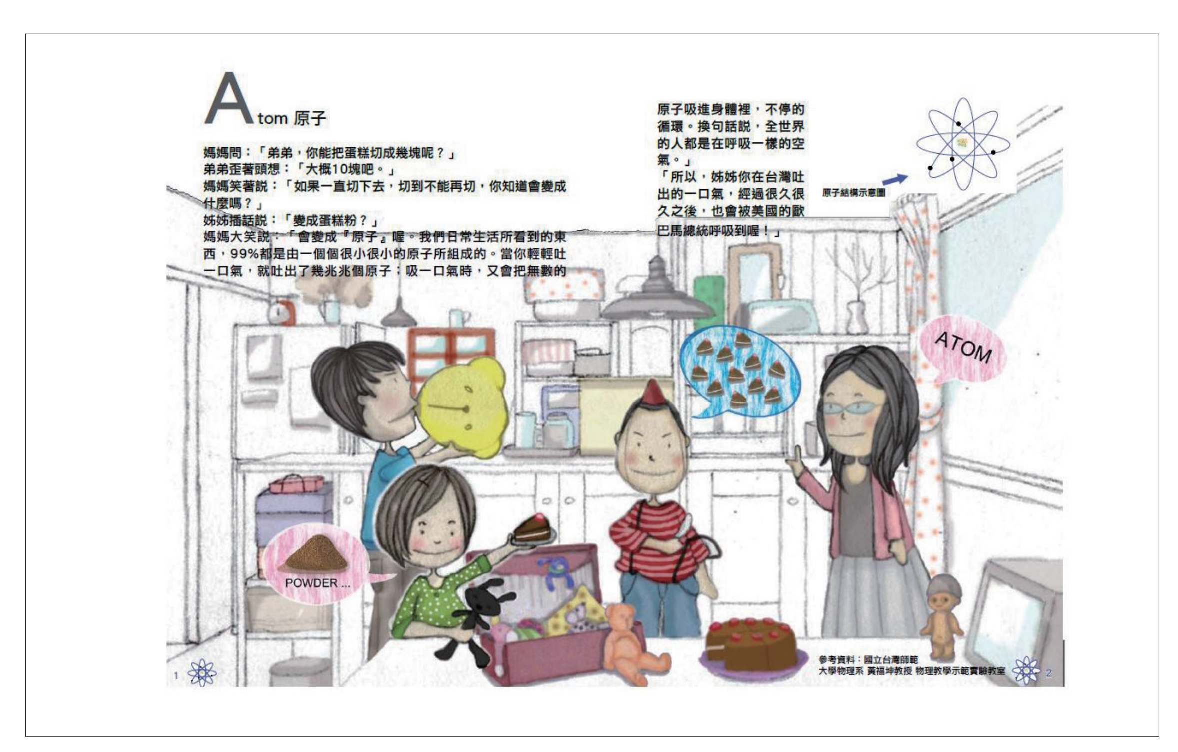
- 維持全球氣溫與前工業時代（1750年）的差距在2℃以內，並致力將其差距縮短至1.5℃，認定這將有助大幅降低氣候變遷所帶來的危機和衝擊。
- 各國代表認為開發中國家須花更長時間來達成溫室氣體減排的目標，因此承諾將盡快達標。各國將利用現有最佳的技術來大幅降低溫室氣體排放。
- 2020年起，開發中國家每年至少可獲得1,000億美元，用以改善氣候變遷問題，但考慮到開發中國家的需求和優先解決的工作順序，在2025年前須重新訂定此門檻。

兩大排碳巨頭展現承擔魄力

此次會議萬眾矚目的一幕，就是歐巴馬與習近平共同召開記者會表示，將聯手



▲ 圖 2. 巴黎峰會與會各國代表高舉雙手歡慶這歷史性的一刻（圖：UNFCCC）



▲ 圖 3. 媽媽說：「全世界的人都是在呼吸一樣的空氣，所以姊姊，妳在台灣吐出的一口氣，經過很久很久之後，也會被美國的歐巴馬總統呼吸到喔！」（圖：《原子能 ABC 繪本》，原子能委員會）

合作達成氣候協定。美國與中國提出自願減碳承諾，並且確保在本世紀內，達成「一個低碳的全球經濟」，堪稱是巴黎協議最重要的突破。

歐巴馬說：「做為全球最大的兩個經濟體，以及全球碳排放最大的兩個國家，美、中兩國已經決定，現在是負起減少碳排放責任，展開行動的時刻。」歐巴馬接著說：「在這項（減排）議題上，我們發揮帶領作用，絕對是非常重要的事。」他還表示，美國對氣候變化引起的危及生命的損害，至少負有部分責任，他敦促各國領導人和他一起努力解決這個問題。

歐巴馬的噴嚏

身為全球第二大的排碳國，美國的碳排放量始終居高不下，京都議定書成立之後，歷屆總統都不願扛起責任簽署。在多年來國際輿論壓力下，好不容易歐巴馬總統願意在卸任前正式面對，訂出減碳目標為2025年減碳26-28%（與2005年相比），並期許達到最佳的28%減碳成果。長期目標則是2050年減碳80%以上（與2005年相比）。



▲圖 4. 全球兩大排碳巨頭攜手合作，共同致力於降低全球增溫（圖：德國之聲中文網，http://www.dw.com/zh/ 中美將共推氣候談判進程 /a-18884952）

值得注意的是，美國盤點近年來的減碳政策中，都是歐巴馬任期內所翻新的各種排放標準與節能標準，可見得在國會體系兩黨僵持的狀況下，「提高標準」成為可行且有效的行政手段。

席近平的霧霾

中國「超英趕美」成為全世界碳排放量最大的國家，霧霾情況已經嚴重危害國內以及周邊國家民眾的健康，逼使中共領導人不得不加強鐵腕，勵行減碳措施。中國把國家未來5年的發展計畫，也就是「十三五」計畫中的節能減碳部分，直接放入INDC中，因此看起來相當完整，並將經濟發展與節能減碳工作一併列入考量。

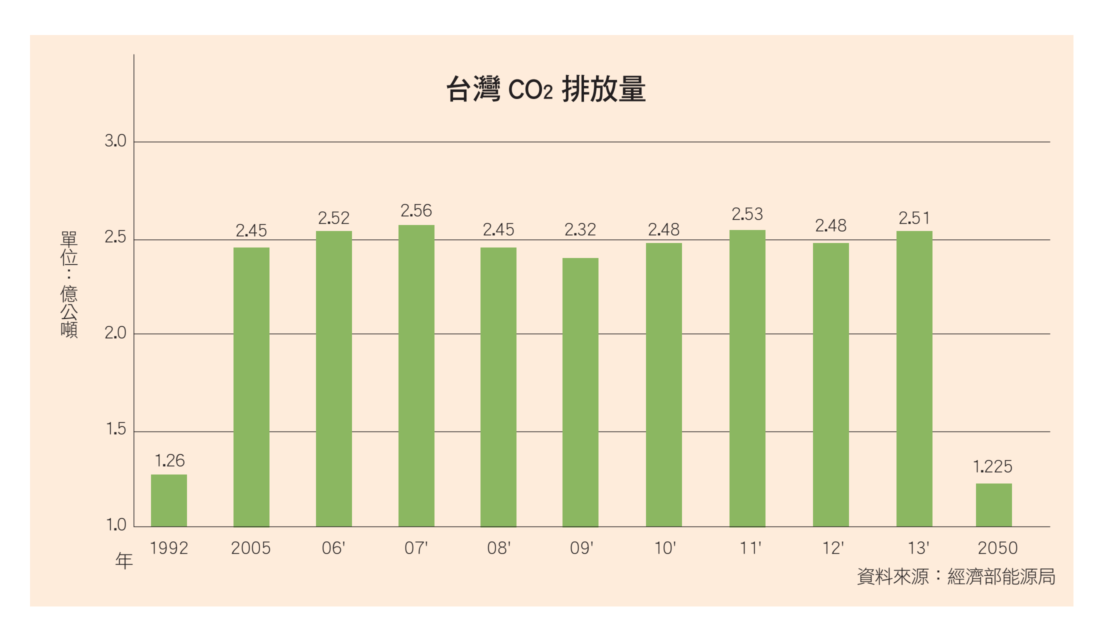
中國提出的INDC目標是在2030年碳排放量達到尖峰，也就是需要在此後逐年下降，並期許還可以將碳排尖峰年提前。再者，2030年的碳排密集度（生產每單位GDP所排放的二氧化碳量）要減少60-65%（與2005年相比），非化石能源占初級能源的消費比重達20%。較特別的目標是，中國設立森林復育目標，要在2030年增加森林蓄積量45億立方公尺（與2005年相比）。

目前中國已經是世界最大的碳排國家，但這份INDC的目標，讓許多評論者感受到中國政府積極的態度。中國未來減碳的策略，主要是控制煤炭消費總量、降低火力電廠發電的碳排量，並大力發展再生能源。另一方面，在提高既有重工業能效，建構永續城市樣貌以減少交通與建築能耗方面，也都有通盤規劃。

我國的自願減碳承諾

話說回來，可能很多民眾覺得奇怪，遠在巴黎舉行的全球氣候峰會和我們有什麼關係？雖然中華民國已不是聯合國的會員國，但為了表示是地球村的一份子，我們也主動提出自己的INDC。我國的減碳承諾是2030年碳排量將比2005年減少20%，由目前一年2.62億公噸排放量減至2.14億公噸。而溫室氣體減量法的目標是要在2050年將碳排降為2005的50%，所以INDC可說是「階段性」目標。

中國工程師學會環境與能源委員會副主任委員陳立誠認為，由下而上的自願減碳承諾比較合理。因為每個國家理應對本身碳排及未來減碳潛力最為了解，在考量本國減碳能力後再提出的減碳目標理應可以達成。陳立誠表示，「自己承諾的減碳目標如果達不到，不但難以自圓其說，也將成為國際笑柄，不用說隨之而來排山倒海的國際壓力了。」INDC不是吹吹牛提



▲ 圖 5. 台灣地區二氧化碳排放量

出就沒事了，依照目前巴黎協定規定，每5年（下次為2023年）要檢討各國碳排成效及INDC是否達成目標。巴黎協定對各國能源政策必有重大影響，未來我國的主政者應嚴肅思考如何在INDC及國家利益中取得平衡。

陳立誠指出，目前我國的電力結構中，無碳能源占比最大的是核能發電。在每年電力系統提供的2,200億度電中，現有3座核電廠提供了400億度的無碳電力。依據非核家園政策的時程，2025年時現有3座核電廠6部機均將除役。我國碳排增減完全要看屆時增加的再生能源（主要是風力、太陽能）是否可以填補，甚至超越目前核電發電量。無碳能源的缺口必然全數由火力電廠提供，更不用說距今15年後的電力成長部分也必然全數由火電提供。我國INDC目標是在2030年碳排較2005年降低20%，以目前的情況來看是絕對無法達成。政府在提出INDC承諾時，到底基於何種數據，令人懷疑。我們一方面碳排大量增加，一方面又要執行非核家園政策。不知我國政府要如何向國際交待？

歷史性的一刻

《巴黎協議》被譽為第一個真正的全球氣候協議，不論富國或窮國，都承諾致力於抑制不斷增加的溫室氣體排放，並設定廣泛、長期的目標，要在本世紀達成淨零排放。形容巴黎協議「具雄心」的法國外交部長法畢斯說，這項協議將標誌著「歷史性轉捩點」，全球共同努力避免地球氣溫過高所帶來災難性的後果。同時也期



▲圖 6. 巴黎協議期望將全球增溫控制在不超過 2℃的目標（圖：UNFCCC）

待我國的自願減碳承諾禁得起檢驗，能真正為此目標作出實質的貢獻。

何謂COP21

《聯合國氣候變化綱要公約（The United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC）》的宗旨是致力於穩定大氣中溫室氣體的濃度，以免對人類及環境生態造成危害。目前所有的聯合國成員國都是公約的締約國，而「締約國大會（Conference of the Parties, COP）」就是該公約最高的議事機構，也是國際上政治層級最高的氣候變遷會議。每一屆締約國大會都有各國的官方談判代表以及眾多相關團體參與。

聯合國氣候變化綱要公約於1992年通過，1994年生效，並於1995年舉行第一屆大會（COP1），至今已過20年。而第21屆締約國大會，即 COP21，於2015年11月30日至12月11日於法國巴黎舉行。國際上視此次會議為自1997年《京都議定書》之後最重要的氣候會議，也將透過此次會議制訂新的氣候協議，以取代將在2020年走入歷史的京都議定書。

註：我國的「國家自主減排貢獻」目標，是希望在2030年我國的排碳量能比2005年排碳量再減20%，而2050年時排碳量可降至2005年排碳量50%以下。其中再生能源的年發電量能在2030年達到約4百億度，剛好是核一、核二及核三的發電總量。

資料來源：

1.低碳生活部落格，http://lowestc.blogspot.tw/2015/07/indcs.html

2.台灣能源，http://taiwanenergy.blogspot.tw/2015/12/indc.html

3.http://www.world-nuclear-news.org/EE-Climate-conference-reaches-agreement-141215.html

70 年老「電」新開張
台電 4 大事業部全新出發

文・編輯室

為展現求新求變及改善總體經營績效的決心，台電首見組織大改革，成立水火力發電、核能發電、輸供電、配售電4大事業部，邁向企業化經營。歷經3年評估規劃與推動，今（2016）年起台電正式以「廠網分工」、「分離會計」核心措施成立4大事業部，提升全員成本意識與服務效率，努力在國營事業體制下做出最大改變，持續強健台電體質，也為未來民營化做足準備。

轉型蛻變 再創新猷

台電於1月4日舉辦4大事業部成立揭幕儀式，由董事長黃重球、總經理朱文成主持，並邀請協助「催生」台電轉型事業部制的現任經濟部部長鄧振中與前任部長張家祝、施顏祥一同出席見證。水火力發電、核能發電、輸供電、配售電等4大事業部正式掛牌成立；事業部執行長將分別由4位現任副總經理鍾炳利、蔡富豐、莊光明、黃鴻麟兼任。現場4大事業部執行長分別手持光劍、高舉宣示，象徵從今後「兄弟登山、共同努力」，持續以台電一家的精神為台灣帶來不滅的光明能量。



▲ 台電董事長黃重球為 4 大事業部成立揭幕儀式致詞

黃董事長致詞時表示，台電剛剛獲得世界銀行2016年經商環境報告「電力取得」項目蟬聯「全球第2」，也連續7年獲得「台灣企業永續獎」的肯定。為了回應社會各界的期許，台電近3年來參考日本等國際相關電業發展趨勢，聘請客戶遍及財星5百大企業與政府機構的國際知名顧問公司協助評估，朝向分成較小、能獨立作戰而保有彈性的組織型態進行規劃。



▲左起：黃鴻麟、莊光明、蔡富豐、鍾炳利 4 位執行長手持光劍高舉宣示，象徵從今後「兄弟登山、共同努力」

為台電民營化做準備

台電表示，轉型為「政策集權化，管理分權化」的事業部，基本上是源自於「利潤中心」的概念，也就是各事業部要在各自追求最高利潤的目標下，獨自經營。各事業部之間若有上下游的供應關係，即使是同屬一家企業，也要「親兄弟明算帳」，因此各事業部是盈是虧，一目瞭然。而各事業部為了追求利潤目標，也會力求降低經營成本，甚至對外開拓新商機，進行多角化經營。

在4大事業部成立後，台電總管理處轄下仍包括策略行政、財會資源、營建工程等3個系統。這次成立事業部，是從台電核心事業先出發，未來在適當時機，其他系統有機會朝事業部發展，尤其是營建工程系統，具有承攬工程與業務開發的潛力，可望為台電挹注營收。

值得重視的是，雖然各事業部掛牌營運，但依然是在國營事業法規的框架之下，下一步是要爭取法規鬆綁。此外，民營化之後，也不受政府採購法的束縛，台電將有更大的揮灑空間。

推動事業部最重要的就是建立「廠網分工」與「分離會計」制度，例如，實施事業部廠網分工制之後，從電廠到用戶家中的每一度電，可清楚劃分發電、輸供電到配售電每個階段、部門應該有的權責與成本區分，透過分離會計制度建立單獨會計報表，釐清原有權責分界地帶並改善交叉補貼情況，藉以建立成本意識，使各廠、處更清楚自己扮演的角色，進而強化經營管理能力。成立事業部後，4大事業部內各廠、處也要互拼績效，企圖在內部建立良性競爭環境，實踐企業化的經營效率。

也就是說，負責發電的電廠廠長除了使機組運轉順暢之外，還需要兼顧經營管理、管控成本、創造利潤，以達到電廠營運目標。

追求利潤不能犧牲核安

最受國人關注的核能發電，是否會因為成本概念、利潤中心制而影響運轉安全？核能發電事業部執行長蔡富豐在接受本刊專訪時特別強調：「確保核安絕對是第一優先，不會為了降低成本而犧牲核安。只有針對不影響運轉安全的系統、組件部分，在分析可靠度的效益評估時，才會考量到成本。」

對於核能事業部的定位，蔡執行長規劃出5大方向：1.在核能安全第一的前提下，各機組穩健運轉。2.避免核一、二、三廠在運轉壽命到期之前，提前停役。3.核能機組除役與延役並行準備。4.做好龍門電廠封存維護作業，同時進行可隨時啟封的準備工作。5.妥善處理放射性廢棄物，為廢棄物尋找出路。

有關核一廠除役的時程，蔡執行長表示目前核一廠延役與除役同時進行規劃，兩份計畫書都已提交原子能委員會審查。核二廠也是同樣兩案並行，最終還是要根據政府的能源政策才能確定採取何種因應措施。

蔡執行長表示，成立事業部之後，人事晉用規定將鬆綁，較有彈性，不一定經由考試錄取人才。此外，在人員總額不變的原則下，視各單位的業務推動需求，可將課級的基層主管微調、調動。例如：核能技術處部分人員轉至業務量增加的後端營運處，人力配置較以往靈活。

期待經濟成長 龍門啟封

為因應政府能源政策的變化，台電公司的人力規劃也必須隨之因應，龍門電廠原有600多人，進入封存狀態後，只留下300-400人進行常態維護作業，其餘人力除了調往其他核電廠之外，部分增援後端營運處，以及加入核電廠大修作業團隊。蔡執行長表示這種作法屬於在職訓練，是養兵也是練兵，更是為了龍門電廠1號機啟封做準備。

如果未來台灣經濟狀況好轉，電力需求增加，龍門電廠隨時可以啟封。至於需要多長時間可以商業運轉，蔡執行長表示，快則1年，慢則3年，就要看原子能委員會重新測試的管制作業需求。因為福島事故後各項改善措施的預算因封存而停



▲致力推動台電成立 4 大事業部的 3 位經濟部長歡聚一堂，左 1：張家祝、左 3：鄧振中、右 3：施顏祥

表 1. 台電公司組織改造對照表

原有編制	組織改造後
發電系統	水火力事業部
核能系統	核能事業部
業務系統	配售電事業部
輸供電系統	輸供電事業部
策略行政系統	暫時維持台電總管理處下轄
財會系統	
工程系統	

編；若要等相關改善措施完成後才可商轉，至少需要3年。

對於龍門電廠的啟封，蔡執行長表示「充滿信心，也充滿希望。」他提到：「我到龍門電廠時，看到廠內的牆上寫著大大的HOPE，我深受感動，這充分展現出龍門電廠是充滿希望之地，我們一定要將機組保持在最佳狀態。」

經常引起討論的放射性廢棄物管理議題，蔡執行長認為，如果核一廠的乾式貯存設施能夠順利運轉，用過核燃料就不需要送至國外再處理，可節省龐大的費用，同時也解決核一廠用過核燃料池貯滿必須停機的問題。此外，除了核電廠，其他包括醫院、研究機構、工業、農業在運用輻射照射時，都會產生低放射性廢棄物，確實有必要在國內尋找一處適合的處置場場址妥善管理。

蔡執行長強調，核能發電事業部成立之後，希望藉由核能發電潔淨、便宜、穩定供電的優勢，提振核能相關部門的士氣，一定能突破現有的困難阻力。



▲台電新成立的 4 大事業部「All for One」同時也是「One for All」

日本核能重啟運轉，減少貿易赤字

譯・朱鐵吉

日本九州電力公司的川內核電廠1號和2號機獲准重啟，2號機於去（2015）年10月15日達到臨界，並於11月1日以100%的運轉功率發出89萬瓩的電力；1號機則是在去年8月11日重啟，目前已開始商轉。這是日本自2013年9月關西電力公司的大飯核電廠4號機停機以來，經過2年首次重啟核電商轉。在這期間只能使用其他方式發電，主要是重油和原油，作為火力發電的燃料來代替。自從東日本大地震以來，能源的問題已對全國貿易收支造成嚴重的影響。

九州電力化石燃料消費將比前期減少90%

川內核電廠1、2號機重啟運轉後，九州電力公司去年12月至今年3月、冬季期間使用的石油燃料（即重油與C重油），只有在電廠定期維修時為補充不足的電力才增加火力發電。與2014年冬季相比，化石燃料使用量減少88%，保留10萬公秉（1公秉＝1,000公升）的重油燃料，作為維修停機時使用。

表1為川內核電廠1、2號機石油類燃料費用的試算內容。以1度電需要860千卡熱能計算，發電效率約41%，假定原油或重油



每公升可生產的熱能達9,700千卡，在4個月期間可節省113萬公秉的原重油。2014年12月至2015年3月間，九州電力公司用於發電的重油有70萬公秉，原油29萬公秉，合計約100萬公秉。但在夏天為因應尖峰用電，無法完全停止火力發電，因多元化的經營仍需要10萬公秉的原重油作為備用。目前世界石油市場的C重油價格每公秉約3萬6,000日圓（約1萬2千元新台幣），印尼的原油每公秉約3萬7,000日圓。平均以每公秉3萬7,000日圓計算，發電量90萬瓩若使用核電，4個月可節省約330億日圓的燃料費，每年可減少1,000億日圓（約300億元新台幣）的燃料費。

此外，發電量100萬瓩的電廠每年約需

原重油150萬公秉，天然氣約100萬噸，或煤炭200萬噸。若考慮到燃料成本，依前述的試算結果可以得出，核電的重啟對企業的經濟效應極為重要，對於電費下降的貢獻也很大。假設有20座核電機組，每部平均發電量為100萬瓩，若不使用核能發電，並全以燃油火力代替，依現行的價格來計算，每年若需要3,000萬公秉的原重油，其價格將達1兆1,000億日圓，若改為天然氣則需要2,000萬噸，費用則約1兆2,000億日圓（假設每噸價格為6萬日圓）。

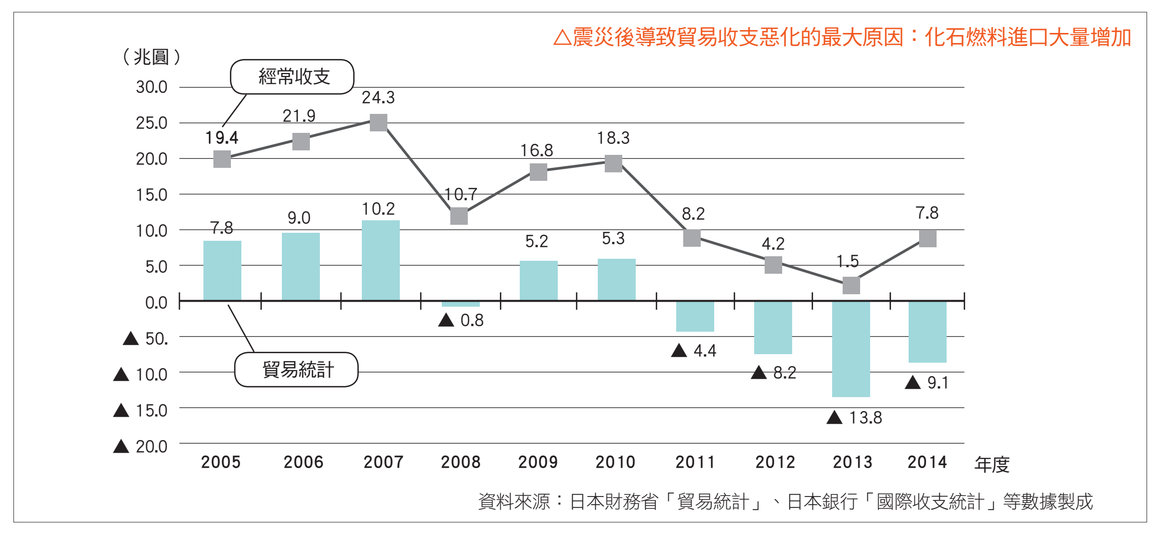
貿易收支惡化，電費高漲

日本在2013年度減少核電，伴隨而來的是增加約3.6兆日圓（約1.2兆元新台幣）的化石燃料費支出。根據日本能源白皮書中記載的能源結構，在大震災前，日本2010年對化石燃料的依賴度為62%，2013年急遽增加為88%，增加的差額就是耗資3.6兆日圓購買化石燃料所換來的。

對日本整體貿易收支的影響，能源白皮書中以日本逐年的進出口金額，計算出大震災之後每年的貿易赤字（圖1），2013年度

表 1. 川內核電廠 1、2 號機化石燃料費用的試算

川內核電廠 1、2 號機均為 89 萬瓩的壓水式反應爐，兩個機組合計發電量為 178 萬瓩。2015 年 12 月至 2016 年 2 月發電運轉日 122 天，合計發電量 178 x 24 x 122 = 521,184 萬度，1 度電相當於 860 千卡的熱能，發電效率 40.88% 的話，投入每度電所消耗的實際熱能為 2,105 千卡，原油平均產生的熱能每 1 公升為 9,700 千卡，521,184 萬度 x 2,105 / 9,700 = 1,131,000 千公升（公秉），代表川內電廠的重啟已替日本節省 113 萬公秉的原重油。九州電力公司自 2014 年 12 月至 2015 年 3 月，消費 98 萬 8,000 公秉的石油來發電，依照此試算法則來看，2015 年 12 月至 2016 年 3 月實際上應不需消費那麼多原重油。



▲ 圖 1. 日本貿易收支與經常收支的變化

為13.8兆日圓，2013能源（礦物性燃料）進口金額，石油約19兆日圓，天然氣約7兆日圓，兩者總計達26兆日圓，約占進口總額的30%。2014年度貿易赤字減至9兆日圓，源自於國際燃料價格的降低。

相較於2010年大震災前，2014年的家庭用電費平均單價約漲25%，產業界約漲40%。不僅是電費上昇，大震災後為了增加燃料費支出，電力公司經營均出現赤字。日本有10家電力公司，2013年經常赤字4,000億日圓，2014年後半因原油及天然氣價格下降，2015年度可能會有黑字出現，但是原油價格不穩定，將來再漲價的可能性很高。

以宏觀經濟的觀點，貿易收支赤字的話，短期間應和經濟成長無關。但是，從海外所得注入的經常收支若一直是赤字的話，日本將會陷入跟美國一樣，必須考慮總體經濟風險等其他相關問題的困境。

核能的必要性

依照以上的描述，核電不運轉將會導致國家的財富大幅向外流出。大震災後的貿易赤字惡化到14兆日圓，最大的原因是進口化石燃料的支出高達7兆日圓（約2.3兆元新台幣）。核電可幫助國家有效降低燃料的支出，因此重啟核電是不得不的政策選擇。日本「核電現實派」一再指出，如果要穩定的電力供應，需考慮再次使用核電。當然，要使用核電就必須保證發生災害的風險是零。日本為增進社會福祉而持續提高預算是國內最大的經濟課題，政府的財政一再累積赤字是件非常苦惱的事情，因此，能源的穩定以及其價格的低廉非常重要。

以貿易收支的觀點，預期國際化石燃料價格在2、3年內不會高漲，可以避開進口化石燃料所產生的貿易赤字。但根本的問題在於即使減少化石燃料的進口，也無法達成貿易黑字；開發中國家因經濟成長減緩，導致購買力降低，減少物品的進口，加上日本產業外移，企業空洞化，是貿易收支失衡的不利要因。電費增加使得日本國產製品在銷售市場失去價格競爭力，這是一項重要的課題。要穩定電力供給和降低電費，重啟核電為扭轉貿易赤字的不二法則。現在亞洲地區重油以及天然氣的現貨價格均創新低，日本是世界最大的天然氣進口國，火力發電化石燃料費用的支出，與新加坡現貨市場原重油的價格息息相關。近期化石燃料價格的降低，更加突顯出化石燃料成本的高低，是影響貿易收支餘絀的直接因素，國家財富的流失也會對國家的宏觀經濟造成傷害。因此，重啟核電是有其必然的重要性。

譯註：日本能源經濟研究所理事長豐田正和博士在演講時指出，核電是地球永續發展不可缺的能源，日本自從1965年至2010年共45年間，因核能發電而減少的化石燃料支出超過33兆日圓。依照2010年擬定的電力結構，將核能發電的部分以火力發電替代，至2015年所累計的化石燃料支出接近13兆日圓，至2020年將高達24兆日圓，國家財富將因此大幅流失。（第31屆中日工程技術研討會「從人文關懷看能源永續」，台灣大學集思會議中心，2015年12月2日，台北市。）

資料來源：
藤澤　治，”原子力再稼働で化石燃料輸入による貿易赤字解消へ”，Energy Review，January 2016：Vol.36，p.22-23。

日本高濱核電廠 3、4 號機獲准重新啟動

文・編輯室

日本福井縣地方法院於2015年12月24日撤銷對高濱核電廠2部機組（均為87萬瓩壓水式反應爐）重新啟動的假處分，因此關西電力公司所屬的高濱核電廠最快可於2016年1月重新啟動。根據日本原子力產業協會2016年1月29日的報導，3號機已於當日下午5時正式啟動，成為日本福島事故後重新啟動的第3座機組。

高濱核電廠在2015年2月通過日本核能管制機關──原子力規制委員會新制訂的核安標準，但是福井地方法院在4月14日對高濱核電廠3、4號機作出「同意假扣押，暫時不得重啟」的判決，而高濱核電廠所屬的關西電力公司也在同一天立即提出異議。

高濱核電廠的重新啟動申請在12月3日獲得電廠所在地高濱町議會以及福井縣知事（縣長）的同意。福井地方法院撤銷假處分後，高濱核電廠3號機已於12月25日下午4點進行燃料裝填作業。

此外，福井地方法院也一同撤銷對關西電力公司大飯核電廠3、4號機的假處分判決。

總數157束燃料組件中有24束是屬於混合氧化物燃料（MOX），其中68束是新燃料（有16束是MOX），另外89束是之前已使用過的燃料（有8束MOX）。裝填作業由13位工作人員分3班日以繼夜進行，已於12月28日完成。



▲高濱核電廠 3、4 號機組（圖片：JAIF）

據瞭解，關西電力公司計畫於2016年1月底重新啟動3號機後，2月初併聯電網、2月底恢復商業運轉；而4號機的重啟時程將在2月底，預計3月底恢復商轉。

資料來源：
1.http://www.jaif.or.jp/en/restarting-of-takahama-and-ohi-npps-is-approved/
2.http://www.jaif.or.jp/en/fuel-being-loaded-into-takahama-3-npp/
3.http://www.jaif.or.jp/en/takahama-town-agrees-to-restarts-of-takahama-3-and-4/

龍門核電廠重要管制措施報導

文‧編輯室

2015年11月24日原能會函送台電公司龍門電廠視察備忘錄編號LM-會核-104-10-2，要求台電公司將龍門電廠封存期間，2號機仍持續使用的正式設備與維護措施，敘明於龍門電廠的停工/封存計畫中；並就封存期間仍繼續適用的程序書清單，檢視其合宜性。

11月30日至12月4日原能會視察團隊赴龍門工地執行「龍門計畫第61次定期視察」。

12月7日原能會發函撤銷台電公司「龍門核能發電廠餘熱移除系統Helicoil螺牙護套檢證作業」申請案，因台電公司尚未提出執行本案檢證作業程序書、相關品保紀錄，以及檢證計畫與相關評估文件；原能會無法確認台電公司是否依檢證法規規定完成各項品保作業，以及關鍵特性與允收標準等技術要求建立，因此要求台電公司於備齊相關文件資料後再另案提出申請。

12月8日原能會函覆台電公司龍門電廠FSAR修訂案TPC-F-09-29、TPC-F-15-05與TPC-F-16-54等修訂案的審查意見。其中TPC-F-16-54案，由於台電公司以降低泵出口壓力方式所進行的偵測試驗，將與本項偵測試驗執行的目的相牴觸，故要求台電公司再提出補充說明；至於其他2案則同意修訂。

12月9日原能會函送台電公司龍門電廠視察備忘錄編號LM-會核-103-018-3，要求台電公司補充現階段尚未移交龍門施工處與龍門電廠，仍由台電公司其他單位保存管理的品質/品保紀錄清單。

原能會12月11日召開龍門電廠安全監督委員會第7屆第5次會議。

原能會12月17日函覆台電公司龍門電廠辛樂克颱風淹水事件受影響設備清單更新申請案的審查意見，本次台電公司計提出7項設備免除追蹤的申請，經審查後除控制棒充氮蓄壓器（2C12-AAC-0001）因無法證實設備/組件內部確實並未進水，以及高壓注水泵後續所進行的修改作業，是否已一併去除所受淹水的影響仍待釐清，因此未予同意外，其餘5項均同意免除追蹤。

12月18日原能會函送台電公司龍門電廠注意改進事項AN-LM-104-004-1&2，要求台電公司就龍門電廠WPV-PPD-001-2號機系統管路封存工作說明書10.0節所附各系統附圖是否正確/完整；連通開放區域/大氣且無隔離閥隔離的洩排水管路，是否有採取異物入侵防護作為，是否需定期執行洩水/濕度監測的系統管路清單，以及控制棒驅動機構（CRD）系統（C12）管路與反應爐形成封閉系統後，如何偵測/維持C12系統管路內部濕度在70%以下要求等，補充澄清說明。

德國的再生能源配比，台灣能嗎？

文・編輯室

《巴黎協議》在聯合國氣候變遷綱要公約第21屆締約國大會（COP21）的通過，代表著人類與環境永續議題已受到全球重視，象徵我們將一步步地邁入低碳生活。身為國際排碳大國的美國，也於去（2015）年8月初公布《潔淨電力法案（Clean Power Plan）》，將以2005年的溫室氣體排放量為基準，全美境內發電廠所排放的溫室氣體必須在2030年時減少32%，並鼓勵各州政府與電力業者投資太陽能、風力等再生能源，為美國歷年來最大規模的溫室氣體減排行動。而身為全球綠能發電產業楷模的德國，如今以再生能源供應全國3成的電力，且預計在2050年時達到8成，德國是怎麼做到的？台灣做得到嗎？



德國為什麼要能源轉型？

工研院綠能與環境研究所的闕棟鴻博士在一場演講中提到，德國政府推動能源轉型的理由有三，「降低溫室氣體排放」為首要。與其他先進國家相同，德國也意識到全球溫度逐年攀升，已導致氣候極端變化，造成世界各地天災不斷，必須配合歐盟的減碳政策來抑制溫室氣體排放量的增長，預防地球持續暖化，減緩世界各地因氣候變遷所帶來的各種災害。

第二個原因為「穩固國家能源安全，並提高能源自給率」。德國將近4成的天然氣是從俄羅斯進口，而最近幾年因俄羅斯與烏克蘭兩國的軍事與化石能源紛爭不斷，導致歐盟與美國均開始對俄羅斯實

行經濟制裁，例如限制其大型國營石油公司在歐洲金融市場的資金籌募等，受影響的俄國石油企業包含俄羅斯石油公司Rosneft，石油運輸公司Transneft，以及國營天然氣公司Gazprom的石油部門等等，對俄羅斯石油企業來說將是個嚴峻的考驗，但這也有可能導致俄羅斯祭出「中斷出口石油與天然氣供應至歐洲各國」的王牌，歐洲能源安全將受到影響，各國必須提高國家的能源自給率，以防能源進口遭到切斷。

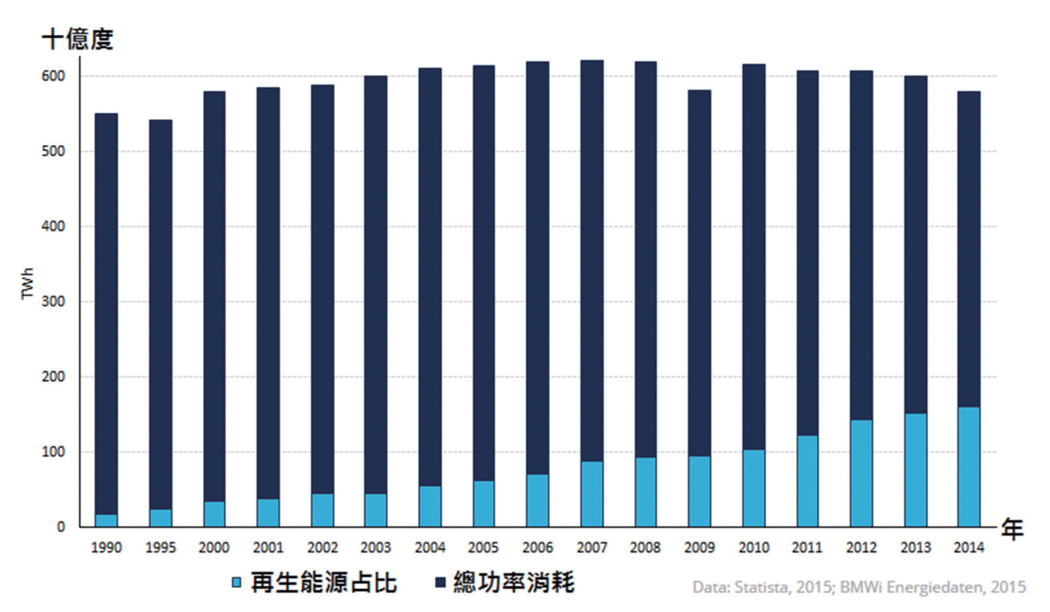
而第三個原因是「順應德國廣大民意需求」。或許跟二次世界大戰使用原子彈有關，德國在第二次世界大戰後對各種核能相關事宜都感到反感，不僅僅是反應爐的使用，還有核子武器的相關計畫等。德國自1970年代政府決定開始建造國內首座核電廠時，就有12萬人參與反核大遊行，之後1986年發生的車諾比事故，導致距離事故現場超過1,500公里遠的德國，也受到輻射落塵之害，因此更加重德國民眾的反核意識，國家核電發展也受此影響。但在311福島事故發生前，德國總理梅克爾所屬的基督教民主聯盟（CDU）原意是要德國現有核電廠延役，福島事故可說是壓垮德國反核民眾的最後一根稻草，事故後梅克爾隨即發布逐步廢核政策，將在2022年關閉境內所有核電廠。

但是，要廢除核能發電就必須得找尋其他替代能源，除了提高火力發電之外，德國自1990年就開始發展再生能源，並於2000年通過《再生能源法案（Erneuerbare-Energien-Gesetz）》，為全球首部再生能源優先法案，大量的投資再生能源發電。該法案規定，所有電力公司必須要以法定的費率（依照各種發電方式所需要之不同電力生產成本來計算，總結來說就是高於市價的固定價格），優先向再生能源發電業者收購電力，為期20年（至2020年），以保障再生能源業者可獲得利潤，這就是「固定電價回購（Feed-in-Tariff）」，以長期且穩定的投資報酬率吸引民眾參與再生能源的發展。《再生能源法案》至今已分別於2004、2008、2012、2014年修法，也將再生能源發電的目標向上調整為：2025年時占電力需求的40%，2035年要達到55%，以及2050年的80%。

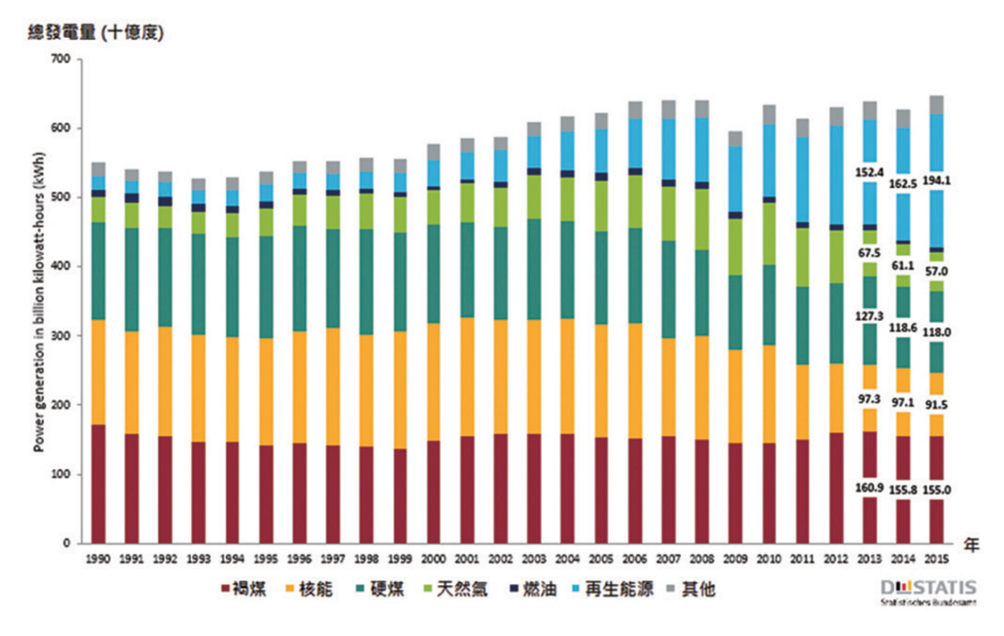
在2011年福島事故發生的3個月後，德國宣布要逐步廢核，國會啟動「能源轉型（Energy Transition，德文為Energiewende）」計畫，7座核電機組隨即停役，並將在2022年關閉境內所有核電廠，成為繼瑞士後，第二個將在未來全面停止使用核能發電的歐洲國家。該計畫還主張透過再生能源提高能源效率，降低總能源消耗量，追求能源的穩定以及環境的永續發展，並使用再生能源逐步替換掉核能與燃煤發電。

德國再生能源發展快速

由水力、風力（分為沿岸與離岸）、太陽能、生殖能、潮汐以及地熱等組成的「再生能源」，因會自行再生補充，可謂取之不盡、用之不竭，與石油等有限的「不可再生能源」相反。最重要的是，占目前再生能源發電大宗的水力、風力與太陽能發電，其發電過程不會排放任何溫室氣



▲ 圖 1. 德國歷年再生能源占總功率消耗



▲ 圖 2. 德國歷年總發電量配比圖

體，這也是國際間有愈來愈多的國家積極推動與投資再生能源，來減緩愈見嚴重的全球暖化。

圖1很清楚地顯示，德國再生能源發電自1990年至今，每年均有顯著地成長。近幾年裝置容量中成長幅度最大的屬風力與太陽能發電。風力發電的裝置容量自2002年至2014年已成長了3倍，太陽能發電的裝置容量則從2002年的30萬瓩（0.3 GW），翻漲了127倍，2014年時的裝置容量已達3,812萬瓩（38.12 GW），由此可見，德國的再生能源正以驚人的速度在發展。

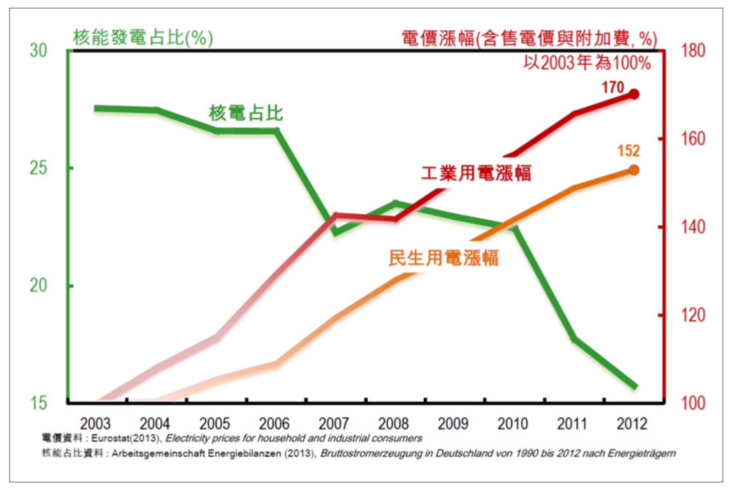
因受到福島事故的影響，德國核能發電的裝置容量配比在2011年時急遽減少，之後每年均維持在12.7%，至去年才降低至10.8%，而核能發電的年發電量則是從2011年逐年緩慢的降低。

再生能源真的這麼好嗎？

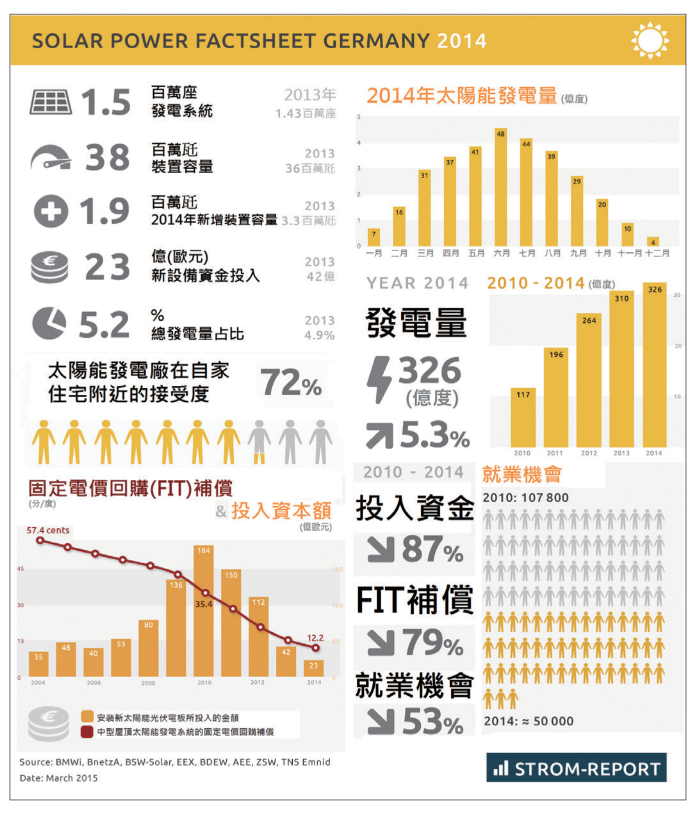
積極推動再生能源對環境與地球來說絕對是利大於弊，但是對國家與民生來說就不一定了。再生能源因為造價昂貴，需要國家公共政策補助才得以發展至今，政府大量的投資太陽能與風力發電，就是希望再生能源能以更低廉的價格跟化石燃料競爭，並大幅減低溫室氣體的排放量。

這個想法的確是有成效的，太陽能板的價格自2008年至今已減半，而太陽能電廠的營運成本（太陽能板占了將近一半）在2010年至2013年下降了超過兩成，導致目前在德國幾個日照時間較長的地方，太陽能發電提供給電網的電力價格與燃煤、燃氣等傳統發電的價格一樣便宜。

德國再生能源發電的怪異循環：再生能源發電，注入電網→電力業者必須依法優先購買，並支付高於市價的價格給生產者→多的支出則以額外附加費用的形式轉嫁消費者→附加費用上升→再生能源發電，注入電網……。



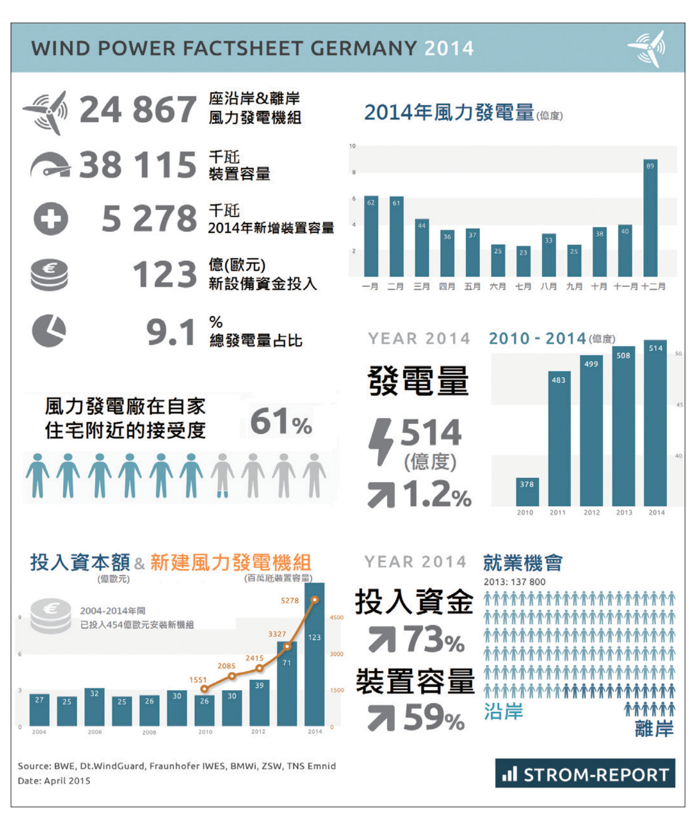
▲圖 3. 德國終端電價漲幅與核電占比下降（資料來源：財團法人國家政策研究基金會）



▲ 德國 2014 年太陽能發電概況

再生能源在發展初期的成本比傳統能源發電高出許多，要提高再生能源的發電量，則必須提高電價，而高電價帶來的首個衝擊即是加重民生負擔。德國積極推動再生能源，但這項成功所付出的代價高昂，高的不是稅金，是德國人電費賬單上的「再生能源電力附加費」。大約在15年前、附加費剛開始實施的時候，附加費占不到全部電費的2%，但隨著再生能源發電的比重逐年提高，加上福島事故後導致國家再生能源比重大增至3成，附加費也因此漲至將近電費的1/5。去年每度電的附加費為6.17歐分，推算一般家庭一個月的附加費大約是18歐元（約670新台幣），對部分的人來說其實是個不小的負擔。

工業為德國最大的電力消費行業，為維持產業競爭力，德國長期以來的工業電價大約都是民生電價的一半，也高於歐盟及歐元區（Euro Area）的水平。雖然不像民生電價那麼昂貴，工業電價自2003年至今的漲幅卻比民生用電的漲幅高出許多，不少新聞媒體報導，能源成本高漲已造成許多企業減少在德國的投資。一般來說，工業電價上漲等於電力成本也跟著增加，能源密集產業則可能會面臨裁員或產業外移的問題，導致國家產業競爭力下降。但是，「能源轉型」的網站卻表示，德國的氣候與能源政策致力於保持國內強



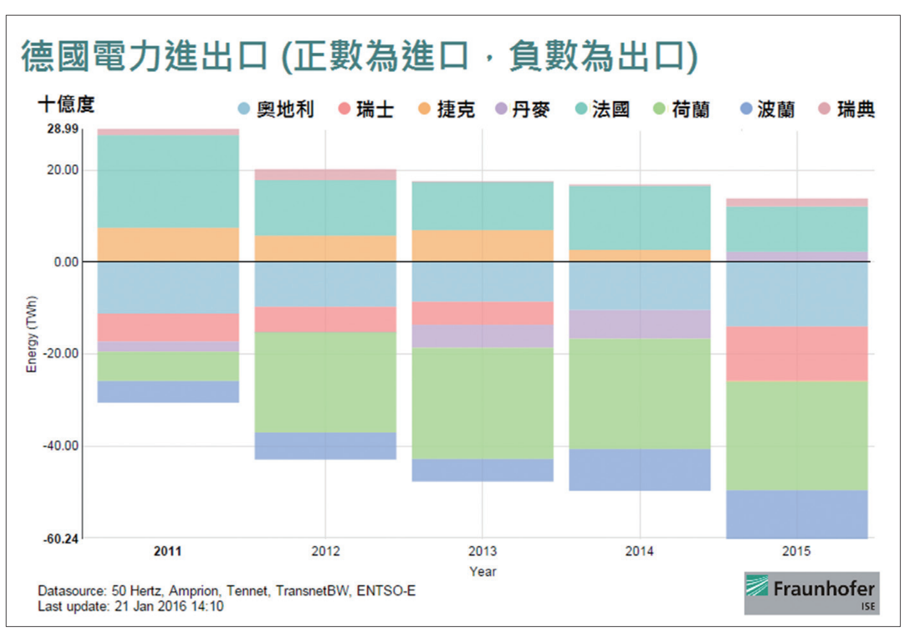
▲ 德國 2014 年風力發電概況

勁的工業基礎。一方面在鼓勵工業界提高效能，另一方面對工業界也設立了一些政策免除條款，以減輕其負擔，所以，再生能源的發展反而使德國成為一個能源密集型產業所青睞的地方。結論：減少核電或使用再生能源發電導致電價持續上漲，對德國工業是好是壞，好像不是那麼容易下定論。

德國減核後電力出口每年增加耶！

使用再生能源發電除了導致電價高漲之外，還要面臨穩定性不足的問題，像是風力發電在無風的時候不能發電，太陽能發電在晚間的時候也無法運轉等。根據台電核能月刊第627期的報導，在某些供電突然過多的時候，德國為了避免電網癱瘓必須要立即將電賣出，歐洲能源交易所（EEX）就得去找買家，有的時候還是以負電價（就是倒貼）的方式賣給鄰近的歐洲國家或是工廠。而德國也因供給量大，在交易市場的電價當然會非常低廉，容易造成鄰近國家電價的波動，也危及到周邊國家電網的安全性，例如荷蘭天然氣電廠面臨倒閉的原因，就是無法與德國便宜的電價來競爭。

因此，德國身處歐洲是個很大的優勢，因為有歐洲鄰國的電網聯網，當德國面臨沒有太陽沒有風、境內電力生產不足



▲ 圖 4. 德國近年來的電力進出口（進口最多的國家法國，出口則為荷蘭）

的時候，還是需要跟法國等國家購買穩定的核電；反之，當大太陽或颳大風的時候，德國的電價因為發電量劇增導致電價較鄰國便宜，或者鄰國供電不足時，電力則會被鄰國買回去。所以，雖然德國近年來的電力出口比進口多，也不能因此咬定說出口的電都是德國製造、都是德國提高再生能源發電所導致。

嗯？再生能源太多也不行？

造成德國再生能源太多而導致有些時候供電劇增的其中一個原因，就是太陽能發電的發展太過於迅速。2009年至2011年間因為費率優渥，吸引大量資金投入，成功創造了市場，並在2010年達到高峰。之後政府開始大幅調降補貼，以抑制太陽能發電過度發展。除了補助金減少之外，每年還另設新增安裝量上限，希望能適度地讓太陽能發電回歸正常市場機制，協助產業穩定發展，並避免其成為套利的工具。雖然補貼大幅降低，德國太陽能的發電量卻沒有因此下降，僅是成長幅度趨緩，2015年的發電量36.8億度仍比2014年的34.9億度高出約2億度。

而風力發電剛好與太陽能相反，投入的資本額自2010年即開始大幅度的增加，除了2014年新建風力發電機的數量是2010年的3.5倍之外，渦輪發電機也愈蓋愈高大，更在2015年達到新的里程碑一年度發電量首次高達85.4億度，將風力發電在年度總發電量的占比提升至13.3%。發電尖峰12月的發電量甚至超過當月的褐煤

發電量，使風力成為當月最重要的電力來源。

再生能源可以降低碳排放喔！

前提是燃煤發電也要減少。剖析為德國去年的電力結構，再生能源占德國去年總發電量的30%，其中風力（沿岸與離岸總和）發電占了將近一半；而火力（天然氣、褐煤、硬煤與燃油的總和）發電占總發電量的52%，核能發電則只有14%，由此可見雖然德國致力推動再生能源的發展，主要的電力來源仍是火力發電。

德國是一個煤炭歷史悠久的國家，除了本身產煤之外，使用煤炭發電至少已有150年，若以每年開採1億噸的煤來推測，煤礦豐富的地區仍足夠開採40年之久，為現今全球最重要的褐煤生產國之一。德國雖然對外宣布其能源政策，要提高再生能源占比，但可能因為煤礦供應來源穩定，安全性高且不需要依靠外援等原因，德國仍未放棄使用火力發電，尤其是褐煤。

價錢比硬煤、天然氣都便宜的褐煤，燃燒時所排放的二氧化碳卻比硬煤、天然氣還要多，因此，如果德國要降低碳排放、又不降低火力發電的話，勢必得減少使用褐煤，並改用天然氣取代。但是，本文在前面有提到，當大量的再生能源注入電網時，代表著交易市場的電價大幅下跌，傳統電力公司當然不會想要使用成本高但碳排低的燃氣發電。因此，老舊的褐煤發電廠持續運轉，而碳排放只有褐煤一半的燃氣發電廠則失去了它的吸引力，這也解釋了為什麼德國的燃發電裝置容量逐年增加，發電量卻是逐年下降的情況。

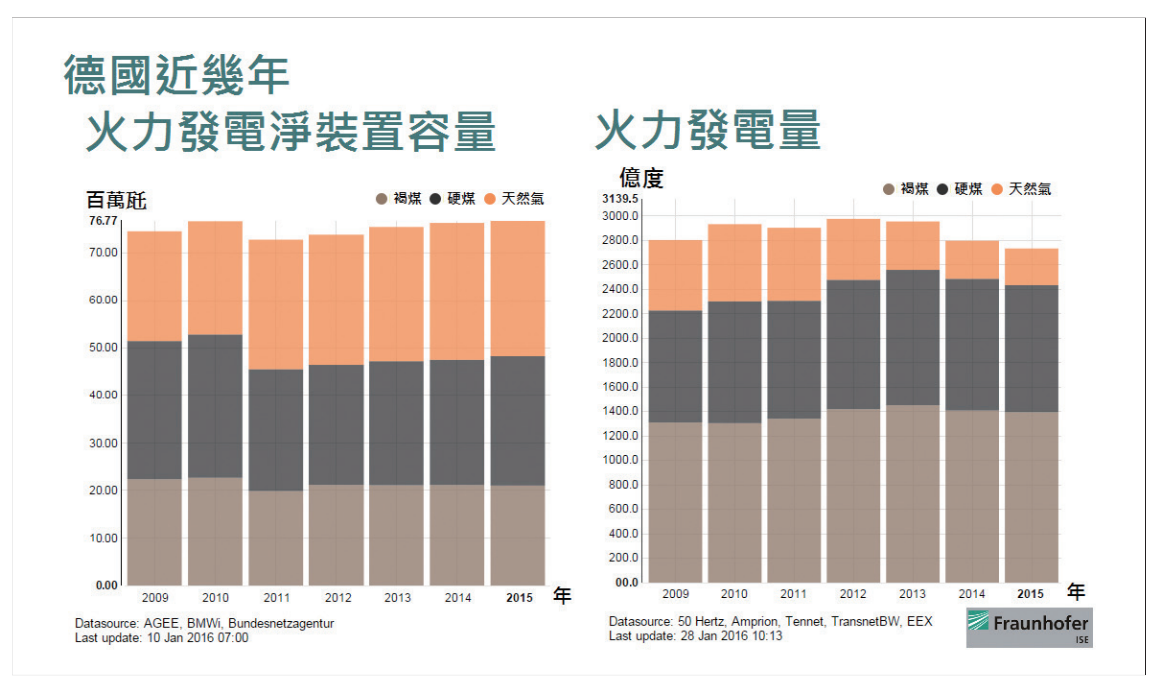
根據德國、同時也是歐洲最大的應用科學機構—弗勞恩霍夫應用研究促進協會（Fraunhofer-Gesellschaft）的太陽能研究所製作的德國能源相關圖表（下頁圖5），可以看到火力發電裝置容量最近的一波成長始於福島事故發生的2011年，由此可以推論，德國這幾年卻提高火力發電占比，可能與廢核政策有關。

至於碳排放有沒有降低，依照「全球碳計畫（Global Carbon Project）」網站以及歐盟的統計，德國近幾年的碳排放總量（單位Mt of CO_2）是有逐年降低的跡象（下頁圖6），但因速度緩慢，仍有許多研究單位與媒體推測，德國還是有很大的機率無法達成預計於2020年減排40%（以1990年為基準）的目標。

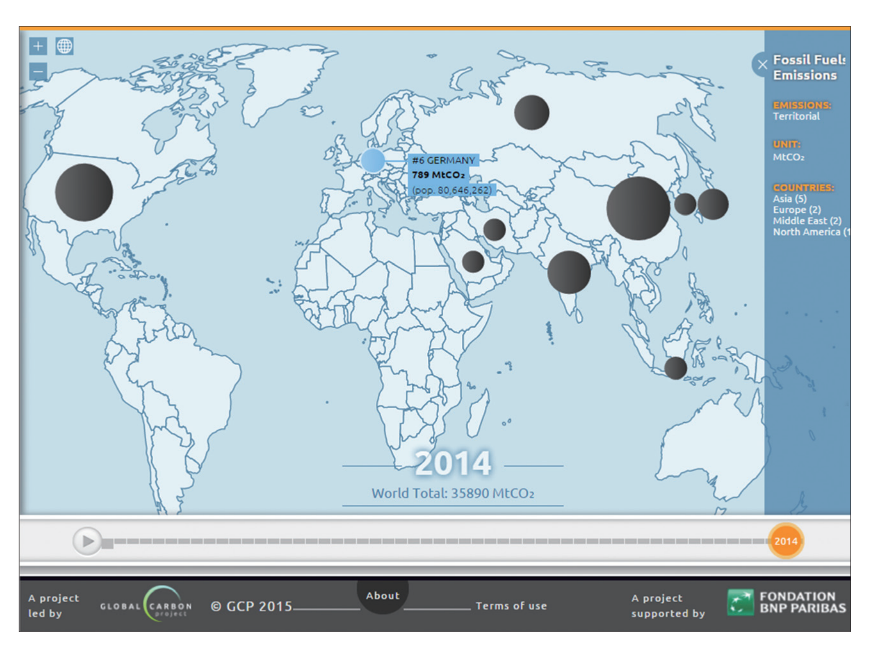
那德國人民怎麼想的？

很神奇的，根據德國再生能源署（German Renewable Energies Agency）做的民意調查顯示，雖然德國身為歐盟、甚至是歐洲住宅電價第二高的國家，國內卻有92%的民眾支持「能源轉型」政策。國際知名顧問公司PWC在去年對此做出民調，結果顯示前三大支持「能源轉型」的原因分別為：廢核、化石燃料的短缺及減少碳排放。92%中超過4成的德國民眾支持將核能自能源結構中排除，將近3成的民眾因為對化石燃料的匱乏感到不安，只有將近2成的民眾是為了減少溫室氣體的排放而支持「能源轉型」。

根據德國STROM-REPORT的「德國再生能源」專欄顯示，超過65%的德國人願意自行使用再生能源來生產電力供自己



▲ 圖 5. 火力發電占德國裝置容量的增減情形



▲ 圖 6. 根據全球碳計畫網站以及歐盟的最新統計，德國 2014 年的碳排放總量位居歐洲第一，全球排名第六（1996 年前都低於前五名，1996 年後至今均維持世界第六），僅次於中國、美國、印度、俄羅斯以及日本。

使用。可見德國「能源轉型」能有今天，不是單靠政府的「規定」，而是利用誘導的方式，因為「固定電價回購」政策，民眾發現使用再生能源發電既環保、成本幾乎接近於零，又可以增加收入，還可以創造就業機會；而且因為國家政策明確，銀行與保險業者也樂於提供融資，使發展再生能源在德國成了全民運動，在屋頂設置太陽能板、集資經營電廠等，導致德國投資於再生能源的資金就有一半是來自一般民眾，讓再生能源的比重逐年上升，朝能源轉型的目標邁進。

台灣就不能像德國一樣發展再生能源嗎？

台灣地小人稠，面積只有德國的1/10，人口密度卻是德國的3倍，就算政府願意像德國一樣大量投資再生能源，短期內要達到德國的規模有相當大的困難度；加上台灣為獨立電網，不像德國有鄰國可以聯網，本文在前幾段已提到，再生能源發電不像火力與核能發電一樣能穩定供電，電力突然暴增時會衝擊到電網，電力不足時則還是需要火力或核能發電來補足，這

2014年各國平均電價比較

國際能源總署(IEA)2015年8月發布之最新統計資料與亞鄰各國電價資料

104年10月8日更新

住宅用電						工業用電					
排名	國別	台幣元/度	排名	國別	台幣元/度	排名	國別	台幣元/度	排名	國別	台幣元/度
1	墨西哥	2.7354	17	瑞士	6.3557	1	挪威	1.6580	17	匈牙利	3.7439
2	大陸	2.7557	18	瑞典	6.5125	2	美國	2.1299	18	法國	3.8251
3	臺灣	2.8530	19	盧森堡	6.6320	3	瑞典	2.4819	19	比利時	3.8901
4	馬來西亞	3.0845	20	希臘	7.1558	4	臺灣	2.9270	20	瑞士	3.9096
5	南韓	3.6079	21	比利時	7.4056	5	盧森堡	3.0017	21	土耳其	3.9724
6	美國	3.7967	22	菲律賓	7.5556*	6	波蘭	3.0348	22	奧地利	4.1031
7	挪威	3.8599	23	荷蘭	7.6656	7	南韓	3.0801	23	希臘	4.3354
8	智利	4.5989	24	日本	7.6911	8	丹麥	3.0915	24	西班牙	4.5146**
9	匈牙利	4.8046	25	英國	7.7638	9	智利	3.1534	25	葡萄牙	4.7363
10	土耳其	5.1500	26	奧地利	8.1060	10	芬蘭	3.1739	26	英國	4.7749
11	以色列	5.2078*	27	葡萄牙	8.8541	11	大陸	3.2420	27	新加坡	4.7839
12	捷克	5.2973	28	西班牙	8.9617**	12	馬來西亞	3.2424	28	愛爾蘭	5.0526
13	波蘭	5.8353	29	愛爾蘭	9.2704	13	荷蘭	3.5859	29	菲律賓	5.3130*
14	芬蘭	6.1146	30	義大利	9.3173	14	以色列	3.6854*	30	德國	5.4434
15	新加坡	6.1356	31	德國	11.9968	15	墨西哥	3.6885	31	日本	5.7129
16	法國	6.2898	32	丹麥	12.2418	16	捷克	3.7304	32	義大利	9.9540

註：1.表列數值原係以美元計價，台幣對美元換算匯率為1美元＝30.37台幣（2014年平均匯率）。
2." * "為2013年資料，" ** "為2011年資料。
3.工業用電部分，新加坡為自選電力供應用戶（contestable consumers）平均電價，包含工業及商業用戶。

就是為什麼再生能源發電無法當作我國基載電力的原因。

能不能當基載電力或許一般民眾不太能體會，那我們就來講民生最「有感」的電價吧。台灣的電價（不管是住宅還是工業用電）均排名世界前五低，根據台電公司網站公布的「2014年各國平均電價比較」，台灣住宅用電一度為2.853元新台幣，德國則是11.9968元新台幣，為台灣的4倍；台灣的工業用電一度為2.927元新台幣，德國為5.4434元新台幣，將近為台灣的2倍。從德國的GDP為台灣的3倍來看（以購買力平價來比較），德國的民生電價仍是比台灣貴出許多，當然，這只是很粗略的來看。

再生能源真的比核能好嗎？

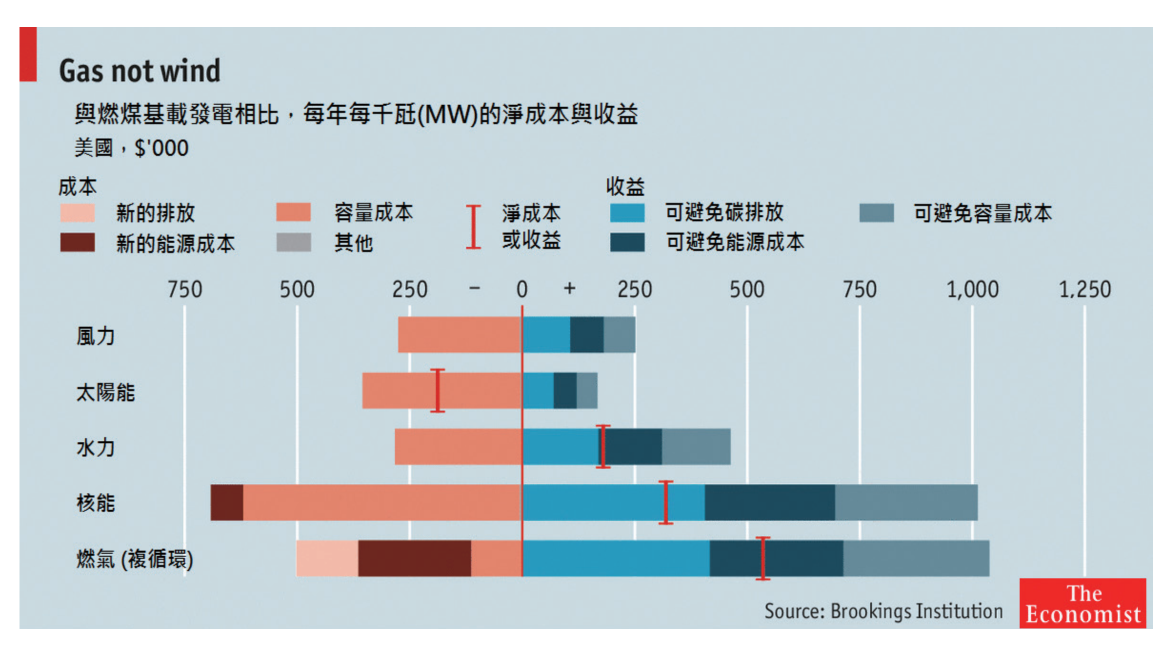
《經濟學人》在近期發表的「陽光、風力與錢坑」一文中提到，計算太陽能或風力發電的成本或許很簡單，各種電力價格的估計卻剛好相反，不僅要將購買燃料的花費列入計算，還要考慮資本成本（例如電廠需要花數年來建造，但卻可使用數十載）、電廠的運轉率，以及能否在尖峰時刻發電等等。因此，為了把這些因素都列入考量，經濟學家使用「平準化成本（Levelised Costs，即以一個發電單位在其壽命周期中所有成本的淨現值，除以該單位預計可以發電的度數）」來估計電價。

但麻煩的是，「平準化成本」並沒有將「間歇性成本」列入計算。再生能源發電因為是「靠天吃飯」，以傳統能源發電的電廠必須隨時待命，但這卻沒有列入平準化成本的考量。此外，每時每刻的電力需求也不同，無法完全與風力與太陽能發電的時候相符，所以，即使再生能源發電與傳統能源發電的平準化成本相同，再生能源的電力價值卻有可能比較低。

為了避免平準化成本的缺陷，布魯金斯研究機構（Brookings Institute）的資深研究員法蘭克（Charles Frank），利用成本效益分析來替不同類型的能源排名。成本包括了各種電廠建廠與營運的花費、與專業技術相關（例如平衡太陽能與風力發電在離線狀態時的電力系統）以及處理用過核燃料等必須的支出等，並將各種能源的好處—例如低碳排放—列入評估，依此做出的圖表（圖7）顯示，風力與太陽能發電的成本，比用平準化成本去計算得出的結果昂貴許多。

法蘭克以太陽能、風力、水力以及核能共4種零碳排放的能源，加上低碳排放的燃氣，來與傳統能源比較，結果顯示：以90%容量運轉的核能發電可以避免的碳排放是以25%容量運轉的風力的4倍，更是以15%容量運轉的太陽能的6倍。以碳稅來計算，假設碳稅每噸為50美元，核能每百萬瓦容量可避免超過價值400,000美元的碳排放，與太陽能的69,500美元、風力107,000美元形成強大的對比。

核電廠是很貴，但核電廠可以不斷運轉的事實卻讓他們每千瓩容量的建造與營運成本只比一座太陽能電廠高75%。不過，因為是要計算整體的成本效益，必須將再生能源發電閒置時投入運轉的化石燃料成本也列入計算，這些成本為「可避免容量成本（Avoided capacity costs）



▲ 圖 7. 五種零 / 低碳排能源發電的成本效益分析圖

」，也就是再生能源電廠沒建廠就不會出現的成本。依照法蘭克的計算方式，太陽能是4種零碳排放能源中最貴的，要花費189,000美元才能取代燃煤發電每年1千瓩的電力，風力則排名第二，水力提供了些微的淨利益，最具成本效應的零碳能源是核能。而這都是在碳稅為每噸50美元的情況來計算，如果使用真正的碳稅（歐洲的碳稅低於10美元）只會讓太陽能和風力的計算結果更難看。碳稅甚至要漲到每噸185美元，太陽能才會有淨利益。

當然民眾會因為各種個人因素來選擇要使用的能源，像是對於全球氣候異常或核災的恐懼等，這是成本效益計算不到的地方。但是，一個很直接、但卻現實的問題：「你願意因為再生能源發電過程零汙染、也不會有核廢料需要處理，而接受電價年年上漲嗎？」法蘭克的研究結果顯示，現在大多數先進國家均使用太陽能與風力來減緩全球暖化，但這卻是減少溫室氣體排放最貴的方式，在這方面核電確實是比較便宜的，政府應該以降低各能源的碳排放為目標，而不是只支持特定種類的再生能源。

結語

《國家地理雜誌》在去年發行的氣候變遷專刊中提到，減少褐煤的使用對德國來說逐漸變得困難，因為德國的大型公用事業近年來逐年虧損，原因很有可能就是因為無法因應能源轉型。擁有許多電廠的德國最大公用事業公司E.ON，去年申報的

虧損超過30億歐元（超過1千億新台幣），E.ON因此追求轉型，計畫將分割成兩家公司，一家注重在燃煤、天然氣與核能，另一家則專做再生能源。德國四大公有事業的另外一家—瓦騰福（Vattenfall），也在嘗試類似的改變，瓦騰福的員工表示「褐煤不應該是被除掉的對象」，因為在沒有陽光與風力的時候，褐煤就是那個「可靠又靈活的夥伴」。所以說，德國到底能不能在2020年達到其減碳目標，到底有沒有能力在2022年徹底擺脫核能發電，讓我們繼續看下去。

參考文獻：

1.BBC中文網, 烏克蘭危機：歐盟對俄實施新制裁, 9 September 2014

2.泛科學, “【還能怎樣】闕棟鴻：德國能源轉型與挑戰”, 28 October 2014

3.工研院產業經濟與趨勢中心, “德國太陽光電政策環境分析” July 2015

4.Energy Transition, “The Book: German Energy Transition”, Revised July 2015

5.Energy Transition, “Germany is 20 years away from 100 percent renewable power - not!”, 05 January 2016

6.STROM-REPORT, “Renewable Energy Germany Blog”

7.Fraunhofer ISE, “Energy Charts”

8.Eurostat, “File: Half-yearly electricity and gas prices, second half of year, 2012-14 (EUR per kWh) YB15.png”, last modified on 5 June 2015

9.Clean Energy Wire, “Germany’s greenhouse gas emissions and climate targets” 27 November 2015

10.The New York Times, “Missing Its Own Goals, Germany Renews Effort to Cut Carbon Emissions”, 3 December 2014

11.The Daily Caller, “Germany Abandons Nuclear Power, Increases CO2 Emissions”, 18 November 2015

12.The Economist, “When the wind blows”, 26 November 2015

13.The Economist, “Sun, wind, and drain”, 26 July 2014

14.低碳生活部落格, “讓德國人為你終結在台灣被誤導的能源留言”, 21 July 2014

15.財團法人國家政策研究基金會, “掀開德國廢核的真相”, 20 June 2013

16.台電月刊第627期, 2015年3月

17.國家地理雜誌第168期, 2015年11月

最新的長壽秘訣

文・編輯室

肥胖是導致慢性疾病的重要因素，據衛生福利部所公布的資料顯示，國人10大死亡原因中，有8項與肥胖有關。而身體質量指數（Body Mass Index, BMI）及腰臀比是醫學上常用來衡量肥胖程度的指標，但這些指標往往忽略個體的肌肉與脂肪組成差異。告訴您一個最新且較BMI準確的方法來衡量身體的肥胖程度。

英國倫敦城市大學發表於PLoS One期刊上的研究中，研究人員以回溯性研究分析，BMI數值落於肥胖且沒有吸菸的英國男性與女性，20年後的健康數據，比對其腰圍與身高的比例，結果發現腰圍與身高比值差距越大者死亡率越低，且利用腰圍與身高的比例來預測死亡風險較BMI更為準確。



依據統計結果，30歲身高178公分的男性，腰圍不該超過89公分，腰圍增加達到身高的60%，預期壽命減少1.7年；腰圍增加達身高的80%，則預期壽命減少20.2年。而同樣為30歲身高163的女性，腰圍不該超過81公分，腰圍增加達身高的60%，預期壽命減少1.4年；腰圍增加達身高的80%，則預期壽命減少10.6年。

所以，別忘了顧好褲頭的鬆緊，腰圍維持在身高的一半以下就是最新的長壽秘訣！

中藥湯能幫助緩解癌症相關的中重度疲勞

研究發現，中國傳統的中藥湯可以幫助減輕癌症引起的中重度疲勞問題。

發表於另類及替代醫學（Journal of Alternative and Complementary Medicine）期刊的研究中，研究人員發現癌症患者每天2次在食物中添加一湯匙的人參養榮湯（包含12種藥材）治療3週後，結果發現患者明顯減少疲勞感，顯著改善患者的體能狀況。

疲勞是癌症治療常見的副作用，成為腫瘤護理的一大挑戰。中醫認為疲勞是氣虛所





導致，氣關係到身體的能量流動。而使用安全無毒性的人參養榮湯能改善氣虛狀況。

喜悅健康診所的中醫諮詢博士表示，人參養榮湯是由黃耆、當歸、桂心、炙甘草、橘皮、白朮、人參、白芍、熟地黃、五味子、茯苓、遠志等藥材所組成，能幫助益氣補血，但並不是所有的癌症患者都適合用人參養榮湯，特別是放療患者，容易造成陰虛火旺的癥候，此時需要滋養陰血，方能加速傷口修復，改善陰虛造成的疲勞。

「黃豆到底是好是壞」系列報導

大家常常議論黃豆到底對人體是好還是壞。在營養上，食物通常都有兩面，有人說它是非常好的超級食物，但也有人說他會干擾賀爾蒙。

黃豆是完全可食的，但一定要煮熟吃，因為黃豆含有一些成分在未煮熟時是含有毒性的。

黃豆可以用來製造成許多不同的食物，像是豆腐、豆漿，因為它的蛋白質含量豐富，可以做為奶製品和動物性蛋白的替代品。它也可以用來作為發酵食物，像是味噌、納豆和豆豉，都是亞洲人常食用的豆製品。而一般所稱的毛豆，其實就是未成熟的黃豆。

黃豆源自於東亞，但現在主要生產國是美國。可是，美國所生產的黃豆有超過90%是屬於基因改造黃豆，且是使用除草劑耕作的，這些都被認為對健康會造成影響。

美國雖然種植了大量的黃豆，但有趣的是，他們早期很少食用黃豆，在美國1999年的膳食調查中，發現大豆油只提供民眾7%的熱量，而最主要的黃豆攝取源是用化學溶劑己烷萃取的大豆油。

黃豆經萃取成大豆油後剩下的副產物為大豆粉，其中50%都是蛋白質，大部分的大豆粉會被用來作為牲畜的飼料，但也可以進一步的加工處理，分離出大豆蛋白。

因為黃豆的價格便宜，所以各種加工食品中悄悄地開始使用大豆油和大豆蛋白，甚至在非乳源的嬰兒配方產品中也大量使用了大豆蛋白，而美國人卻未意識到自己的黃豆攝取量明顯增加這件事。

發現了嗎？基因改造黃豆和化學萃取的大豆油已經悄悄地進入美國人的生活圈了，更何況是仰賴進口黃豆的我們。

（以上健康資訊由喜悅健康診所提供）

2015年 全球核能發電產業概況

文・編輯室

根據世界核能協會（World Nuclear Association）資料統計，去（2015）年全球核電產業呈現小幅度成長，共有10座新建反應爐加入運轉行列，但也有8座機組在去年除役。

於去年連接電網發電的10座新建反應爐，發電總功率達949.7萬瓩，與2014年相比增加了476.3萬瓩。中國共有8座核電機組一依照開始運轉月份分別為：方家山2號、陽江2號、紅沿河3號、寧德3號、福清2號、陽江3號、防城港（又稱：紅沙）1號，以及長江1號一於去年開始運轉，韓國與俄羅斯則各有1座機組投入運轉行列，分別是新月城2號與貝拉雅爾斯克（Beloyarsk）4號機組。

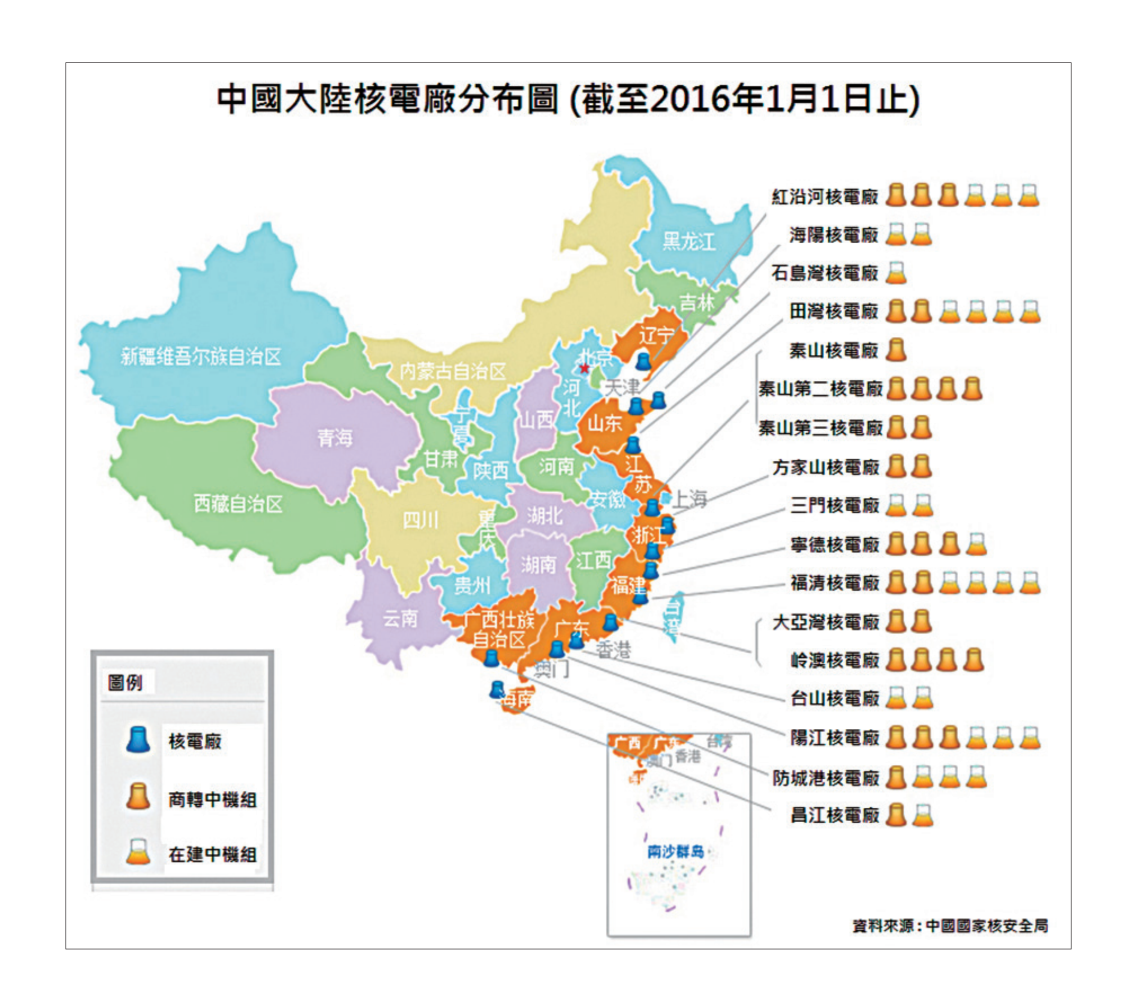
另外，去年因功率提昇而增加的發電功率為48.4萬瓩，韓國、美國與瑞典分別提升了1.9萬瓩、29萬瓩以及17.5萬瓩，但韓國月城3號與4號機組的發電功率則都下降了1.9萬瓩。

截至去年12月31日止，全球共有439座反應爐機組處於運轉狀態，發電總功率達3.822億瓩（382.2 GWe）。相較於去年初的437座反應爐、發電功率3.777億瓩（377.7 GWe），可以看出有些微的增長。

除了現役中核電機組，中國也於去年開始了共6座機組的施工工程，分別為始於3月的紅沿河5號（108萬瓩）、5月的福清5號（116.1萬瓩）、7月的紅沿河6號（108萬瓩）、12月的福清6號（116.1萬瓩）、防城港3號（115萬瓩）與田灣5號（108萬瓩）。自韓國外銷至阿拉伯聯合大公國巴拉卡（Barakah）電廠的4座140萬瓩壓水式反應爐，其4號機的施工工程也於去年9月開始。

在去年12月1日前，總共有64座、發電功率總和為6,780萬瓩（67.8 GWe）的核電機組仍在施工中。在12月底，中國於福清電廠開始了第二座華龍一號的施工工程，該反應爐為功率116.1萬瓩的福清6號，並分別完成防城港3號與田灣5號機組的首次混凝土澆灌工程。

至於在去年永久關閉的核電機組共有8座，分別為德國於6月關閉的格拉芬萊茵費爾德（Grafenrheinfeld）核電廠（134.5萬瓩），日本於3月關閉的玄海1號（52.9萬瓩）、美濱1號（32萬瓩）、



島根1號（43.9萬瓩）和敦賀1號（34.1萬瓩），瑞典於10月關閉的奧斯卡桑2號（63.8萬瓩），以及英國於12月關閉的威爾發（Wylfa）1號（49萬瓩）。

回顧去年全球核能發電產業發生的重大事項有：美國與韓國共同簽屬的《韓美原子能協定》修訂版於去年正式生效、俄羅斯成功開發運轉壽命可達120年的VVER-TOI反應爐、印度建設濃縮鈾工廠與首座用過核燃料處理廠、芬蘭頒發全球首張用過核燃料最終處置場的建築執照，與亞瑞華集團因嚴重虧損而重組等。

資料來源：

1.World Nuclear News, “World starts up 10, shuts down eight, nuclear reactors in 2015”, 04 January 2016

2.World Nuclear Association, “Nuclear Power in the World Today”, Updated January 2016

3.中國國家核安全局, “中國大陸核電廠分布圖”

美國綜合撥款法案
提高國家核能開發資金

文・編輯室

經參議院與眾議院批准後，美國總統歐巴馬於去（2015）年12月18日，正式簽屬《美國2016會計年度綜合撥款法案（2016 Omnibus Appropriations Act）》，使之生效成為法律，在2016會計年度於今年9月30日結束前，包括小型模組式反應爐與新型進步型反應爐機組開發在內的核能相關項目，可獲得將近10億美元（約新台幣300億）的資金，比預算申請時多了8千萬美元（約9%）。該法案將在2016會計年度間為整個聯邦政府提供共計1.15兆美元的資助。

位於首都華盛頓的美國核能研究所（Nuclear Energy Institute）在一份公開聲明中提到，這筆資金將投入到創新核能研究中的「關鍵領域」，用來促進空氣品質改善，與強化國家能源安全。根據世界核能新聞網（World Nuclear News）的報導，該法案將分別分配超過1.4億與2.3億美元，至反應爐與核燃料循環的研發；而小型模組式反應爐方面，則可獲得超過6千萬美元的資金挹注。

美國核能研究所負責國家政務的副總裁弗林特（Alex Flint）對此表示，就美國未來需要低碳又安全的能源而言，提高對新機組的金援是一項明智的投資；除此之外弗林特還說到，《2016年度綜合撥款法案》將為核能提供強大的支援，使核能在「電力多元化



投資」的組合內，仍維持其重要性，這無疑是個令人振奮的消息。電力多元化可強化國家能源保障並促進經濟成長，同時也可抑制監管過度的問題。

而最終版的融資協議已成為美國國會辯論與協商的主要議題，協議中強調數個在核能方面必須優先處理的事項，例如美國核能管制委員會（NRC）的預算、核電機組二次運轉（延役）執照申請的過程，以及濃縮鈾設施的除役等。

由於2008年的金融危機，加上美國頁岩氣與天然氣價格持續走低，原先預期的「核能復興（Nuclear Renaissance）」並未出現，使得美國核管會不得不對其人力分配做出調整，並在前主席指示下成立了專案小組，從人員、計畫，以及流程三個方面，來檢討人

力資源的運用策略，其用意在於如何有效地利用資源，以盡法律賦予核管會確保民眾安全與健康的義務。因各種裁減與重組，核管會的預算也因此而減少，但如今將獲得撥款近10億美元。該綜合撥款法案預計，核管會在2016財政年度將可自核發許可申請費用、各種檢驗測試，以及其他相關服務項目等，獲得將近9億美元的收入。

此外，該綜合撥款法案也將今年3月訂為截止日期，為了加快美國機組首件現有運轉執照的更新申請，以延長反應爐運轉壽命至80年的審核作業，核管會必須在該截止日期前，提交一份計畫書與完工流程時間表。而核管會目前已開始為接收首次申請做準備，預計將在2019年收到第一份運轉執照延役申請。

除了延役相關議題之外，該綜合撥款法案也就「是否有需要為了支付美國能源部（US Department of Energy）於冷戰期間營運的濃縮鈾設施，其除役與除汙方面的費用，而重新徵收稅金」提議，提出否決。弗林特指出，該提議每年將使納稅人必須共同背負約2億美元的重擔，實為不合理；而且，國內核工業必須得就各廠址的清理工作提供資金，需要將該筆支出列入核燃料成本的一部份，業界自1993年起至2008年止，已為此額外繳納26億美金的稅金。

核管會計畫將電廠運轉期限延長至80年

如上述提到的，為了開放反應爐運轉年限延長，核管會已開始著手準備運轉執照延役的申請指南，更於最近批准普雷里島（Prairie Island）核電廠的用過核燃料乾式貯存設施的執照更新申請，成為國內第6座獲准延役的乾貯設施。

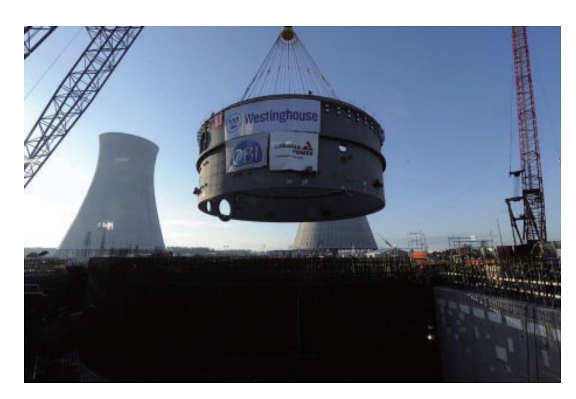
美國商用反應爐的首次運轉年限為40年，此年限規定是依照反應爐資本的分期償還而制定的，並不是依反應爐的設計壽命。根據法規，如果年限過後反應爐仍能夠持續安全地運轉，核管會可以將反應爐的運轉年限額外再延長20年。至目前為止，核管會已准許81座機組，將其運轉年限延長至60年。

而核管會現在正在準備的「後期執照更新方案」中，運轉年限超過60年的反應爐的執照延期申請，有可能將反應爐的運轉年限再往後推至80年。核管會預計將在2019年收到第一份延役申請，來自於維吉尼亞州、隸屬於多明尼恩維吉尼亞電力公司（Dominion Virginia）的蘇利（Surry）核電廠。

目前與「後期執照更新方案」相關的新擬草案包括了《普遍老化經驗教訓》與《核電廠標準審核計畫》，分別詳述經核管會認可、用於運轉年限長達80年的核電廠的老化管理計畫，這些草案均是以早期使用、有提到執照更新的類似文件為基礎而編纂的。在之後的最終確定版本會列出核管會認可，並符合後續執照更新申請內容的方法與技術，此外，最終版草案也會就電廠營運執照持有者，提供有利申請過程的資訊。核管會也將在近期就此舉辦多場公聽會，在2月底前均會採納民眾意見。

美國建設中核電廠進展狀況

位於美國田納西州的瓦茲巴（Watts Bar）核電廠2號機組，已於最近完成共193束燃料的裝填，該座116.5萬瓩的壓水式反應爐，將在試運轉期間逐漸提高其發電功率。該座核電機組自1972年即開始其施工工程，但在1985年遭到中止，當時已完成超過一半的工程，田納西流域管理局（TVA）於2007年重新開始其建造工程，並將工程外包給美



▲ 佛托 4 號機的圍阻體殼環移入過程

國知名建築工程公司—貝泰（Bechtel）。

在完工後，瓦茲巴2號機也在去年9月完成所有的運轉前測試，像是機組的安全措施檢查、反應爐圍阻體的健全及洩漏程度檢測等，核管會隨後於10月頒發運轉許可，效期40年，該機組預計在今年初正式開始運轉。

至於位在喬治亞州的佛托（Vogtle）電廠4號機組，最近的工程回報顯示，目前已完成3個圍阻體殼環中的首個殼環放置作業，該機組為佛托電廠的第2座西屋AP-1000反應爐。將反應爐覆蓋在內的圍阻體，是由圍阻體基座、3個圍阻體殼環以及圍阻體圓頂組成，佛托4號機的圍阻體基座已於2014年5月就定位，在整個組裝工程結束後，該座完整圍阻體的高度將超過60公尺，直徑則達40公尺。

隨著3號機組的建設工程於2013年3月開始，佛托4號機也緊接著在同年11月開始動工，兩座機組分別預計在2019年與2020年開始營運，工程由西屋電氣與CB&I Stone & Webster公司一同承包。

結語

美國海洋暨大氣總署（NOAA）於近期的報告結果顯示，全球到處出現創紀錄高溫，去年全球地表和海平面平均溫度，自1880年有紀錄以來均屬歷年最高。美國環保署（US EPA）也於最近上傳在YouTube的影片中，宣布了最終版的《潔淨電力計畫法案（Clean Power Plan）》，未來將依此推動歷年來最大規模的減排行動。如此種種，加上剛通過的《2016財政年度綜合撥款法案》又提高核能研發的資金，無疑是與最近的「聯合國巴黎氣候高峰會」與「白宮核能高峰會」相互呼應，不難看出身為國際排碳大國的美國，這次大改以往消極態度，已下定決心為地球盡份心力。

資料來源：

1.Nuclear Engineering International, “Nuclear funding increased in US Appropriations Act”, 1 January 2016
2.Nuclear Engineering International, “Progress at US newbuild nuclear plants”, 18 December 2015
3.World Nuclear News, “US appropriations signed into law, boosting nuclear spending”, 22 December 2015
4.World Nuclear News, “NRC drafts guidance for 80-year lives”, 21 December 2015
5.World Nuclear News, “US NRC could shrink by 10% in 5 years, says report”, 19 February 2015
6.YouTube, “The Clean Power Plan Explained by EPA Administrator Gina McCarthy”, 3 August 2015

美國高放射性廢棄物移置作業展開歷史新頁

文・編輯室

位於美國紐約州，已於1972年停役的西谷（West Valley）再處理廠，曾經是美國唯一的商用核燃料再處理設施。在該廠6年的運轉期間，共產生超過2,200立方公尺的高放射性液體廢棄物。而從1996年至2002年間，透過由美國能源部主導的「西谷示範計畫（West Valley Demonstration Project, WVDP）」，將這些液體廢棄物玻璃固化後，裝入275座高達3公尺的大型廢料密封罐（canister），並存放於該廠的主廠房處理大樓內。

為了使主廠房處理大樓拆除工程的前置作業能順利進行，目前正將這些廢料罐分批移入每組可容納5座密封罐的不銹鋼套組（overpacks）中，再將這些不銹鋼套組放置於座落在中期貯存基座（interim storage pad）上的直立式貯存護箱（storage casks）內。貯存護箱共有55座，如今已在施工現場打造完成其中的16座。每座護箱外壁為厚達50公分的鋼筋混凝土，裡層鋪有10公分厚的鋼製內襯。該貯存設施的基本設計，是參照已在美國和全世界普遍使用的「用過核燃料乾式貯存設施 （used fuel dry cask storage systems）」，且每座護箱都有至少50年的壽命。

美國能源部所屬的環境管理辦公室，目前正與紐約州能源研究與發展管理局共同合作，執行西谷示範計畫，以進行西谷再處理廠的除汙清理工作，並發包給西圖工程集團旗下的西谷公司（CH2M HILL BWXT West Valley）承做。

目前第一批（5座）廢料罐已安全移置於室外供長期貯存的貯存護箱中，象徵美國核能設施除役史上高放射性廢棄物的移置作業已然展開新頁。這項移置作業，預計將於2018年前全部完成。

能源部環境管理辦公室形容這項高放射性玻璃固化廢棄物的搬運工程，將是「史無前例」的成就。環境管理辦公室的西谷示範計畫經理鮑爾（Bryan Bower）表示：「因為再處理廠房內存放著先前再處理設施所產生的高放射性廢棄物密封罐，必需耗費4年時間搬運出去，才能進行廠房的拆除工作。而如何安全地完成這項搬運工程，則是最受人矚目的重頭戲。」

資料來源：

http://www.world-nuclear-news.org/WR-High-level-waste-transfer-makes-history-1211157.html

瑞典審查核准最終處置場的建造申請

文・編輯室

瑞典斯德哥爾摩的土地環境法院認定，一項用過核燃料封裝廠與處置場的建造申請程序已經完成，現在將公布該申請案的審查過程。

2011年3月，瑞典核燃料與廢棄物管理公司SKB向輻射安全局（SSM）提出，建造該國第一座用過核燃料處置前封裝廠與最終處置場的申請案。

瑞典的用過核燃料目前暫時存放在奧斯卡桑（Oskarshamn）的克拉伯(Clab)濕式中期貯存設施中，SKB公司計畫在奧塞瑪（Osthammars）的福斯馬克（Forsmark）建造一作用過核燃料處置場。封裝的方法是先將用過核燃料放入銅罐中，密封之後放進地下500公尺深、堅實岩床中的坑道內，再以膨潤土填滿。

SSM與土地環境法院審查SKB的申請案時，曾要求SKB提供多一點補充資料。法院必須根據瑞典的環境法案相關規定評估此案，而SSM則需以國家的核子作業法（Nuclear Activities Act）加以檢視。

依據土地環境法院的判定，本申請案已經完備，可以對外發布。審議與評論的副本將轉送給奧斯卡桑市與奧塞瑪市、環保組織，以及瑞典放射性廢棄物國家委員會（Swedish National Council for Nuclear Waste）相關管制機構。

按照土地環境法院現有的時間規劃，本申請案應於2016年1月公布，另於10-12月期間召開公聽會。SKB總裁愛克伯格（Christopher Eckerberg）表示，「本申請案能獲得核准，對瑞典用過核燃料的長期安全管理來說，是個重要的里程碑，也向下個階段邁出一大步。」他強調：「現在本案的審查程序將繼續往前走，我們非常期待將舉行的公聽會。」

為了接下來的公聽會，法院與SSM將向瑞典政府提出他們的建議。在政府做出最終定案之前，必須先諮詢奧斯卡桑市與奧塞瑪市，因為他們有權否決這項申請案。

一旦政府做出決定，本申請案將再度交給法院與SSM，擬定處置設施的各項條件與細則。SKB目前已經開始準備工作，將於2020年初興建處置場與封裝廠，預計10年左右可以完工。

資料來源：

1.http://www.world-nuclear-news.org/WR-Swedish-repository-application-accepted-for-review-1812154.html

2.http://www.world-nuclear-news.org/WR-Swedens-voluntarism-approach-to-waste-validated-by-regulator-1611151.html

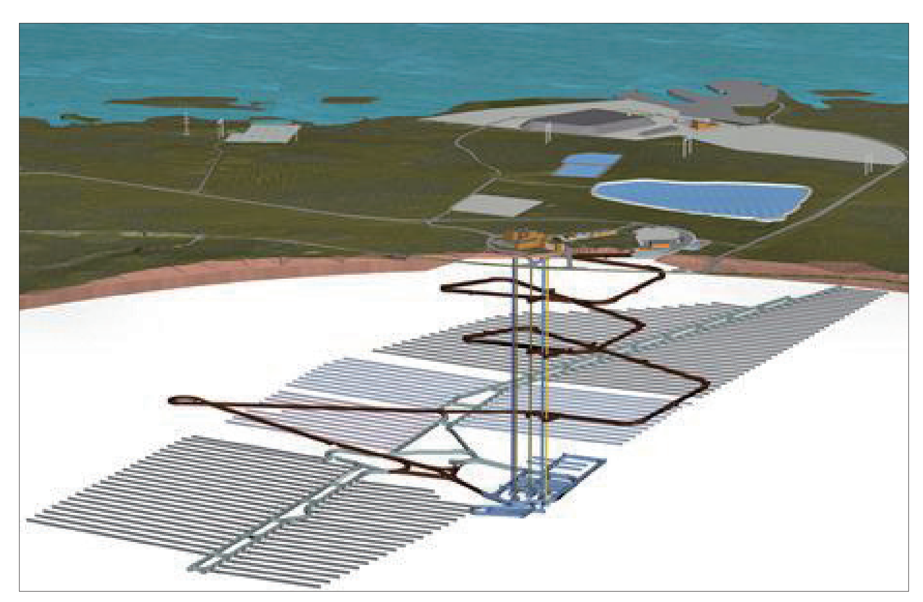
芬蘭核發全球首張地質處置場建築執照

文・編輯室

芬蘭政府於2015年11月12日核發全球首張深層地質處置場的建築執照，准許放射性廢棄物處理專責公司——波西瓦（Posiva）於芬蘭西南部的歐基盧歐托（Olkiluoto）島，建造用過核燃料封裝廠（encapsulation plant）與用過核廢燃料最終處置場。

據瞭解，芬蘭政府在核發建築執照時有幾項附帶條件：當波西瓦公司未來申請運轉執照時，必須提交有關處置場對環境的影響、用過核燃料日後的再取出使用、所牽涉到的運輸風險與該計畫對現況可能導致的任何改變等分析報告。此外，該設施處置用過核燃料的上限為6,500公噸的鈾。

用過核燃料將先於封裝廠裝入銅製的



▲芬蘭歐基盧歐托深層地質處置場由地下 450 公尺深的處置坑道所組成（圖：Posiva 公司）

大型密封罐（canister）內，再運送至處置場深達400-450公尺的地底隧道，最後再放入填有膨潤土（bentonite）做為緩衝材料的貯存窖中。

波西瓦公司所屬深層地質處置場的場址，是位於離歐基盧歐托核電廠不遠的埃烏拉約基鎮（Eurajoki）。波西瓦公司在2000年時將此地選為場址用地，芬蘭國會並於次年原則上通過了處置場設置計畫的申請。

波西瓦公司是由芬蘭兩家擁有核電廠的電力公司——富騰公司(Fortum)與TVO公司合資設立。該公司於2013年12月向就業與經濟部（Ministry of Employment and the Economy）提出建築執照申請，申請理由是永久貯存這兩家母公司所屬核電廠的用過核燃料。申請範圍除了建造封裝廠和深層地質處置場外，也涵蓋了其他設施，用來最終處置在封裝廠運轉和除役過程中，所產生的放射性廢棄物。

2015年2月，波西瓦公司建造封裝廠和深層地質處置場的申請案，獲得了芬蘭核能管制機關——輻射與核能安全署（STUK）的背書認可。

波西瓦公司表示，芬蘭政府之所以決定發放建築執照，是認同波西瓦公司40多年來廣泛的研究與發展。而在獲得昂加洛（ONKALO）地質實驗室的研究成果與經驗後，著手建造最終處置場的時機已然來臨。

波西瓦公司預期這座深層地質處置場將於2016年底開工建造，並於2023年開始營運。

芬蘭經濟事務部部長雷恩（Olli Rehn）表示：「這是全世界首張核發的用過核燃料處置場建築執照，在放射性廢棄物的管理上，芬蘭堪稱為全球先驅，我們未來仍必須要更加負責和安全地處理相關事務。芬蘭在這領域的專業能力，也提供我們在其他國家拓展放射性廢棄物管理方面的商機。」

波西瓦公司總裁兼首席執行長莫卡（Janne Mokka）表示：「這張建築執照的核發，對公司本身、我們的業主和整個參與的團隊來說，是非常重要的進展。而這項開創性的計畫，是全球第一件進入施工階段的用過核燃料處置場建設計畫，所以不僅對芬蘭，甚至對全世界而言，都是件舉足輕重的大事。」

資料來源：
http://www.world-nuclear-news.org/WR-Licence-granted-for-Finnish-used-fuel-repository-1211155.html

澳洲處置場
場址初選結果出爐

文・編輯室

澳洲政府已初步篩選出6個可供設置國家放射性廢棄物處置場的可能地點，將進行更進一步的評選並徵詢公眾的意見。預計將於2016年底選定最終場址。

澳洲工業與科技部部長麥克法蘭（Ian Macfarlane）曾於2015年3月初，公開邀請澳洲所屬各州及各領地的所有者，提出可供設置「澳洲國家放射性廢棄物處置場」的自願場址候選申請。這座處置場將貯存和處置從澳洲醫療、研究和工業生產過程中所產生的中、低放射性廢棄物。政府官員表示，至5月5日申請截止日止，共收到28件從澳洲各地提出的申請。

資源能源與北澳部部長弗萊登伯格（Josh Frydenberg）於11月13日發表聲明指出：「每一件申請案，都已接受客觀且以證據為本的評估。而今，工業創新與科技部在獨立諮詢小組及澳洲地質科學協會（Geoscience Australia）的協助下，已就技術、經濟、社會和環境等各項因素，對各件申請案完成了評估作業。」

澳洲政府日前已篩選出6個可能場址的初選名單，將進行更進一步的評選並徵詢公眾的意見。這6處可能場址的地點分別位於：新南威爾斯州的塞利斯夫拉特（Sally's Flat）；北領地的哈爾(Hale)；昆士蘭州的歐曼阿瑪（Oman Ama），以及南澳大利亞州的考特林艾（Cortlinye）、平卡維林尼（Pinkawillinie）與巴恩迪奧塔（Barndioota）等。

弗萊登伯格部長表示，澳洲政府「將在未來的120天內，與這6個可能場址的利益關係人展開密切且廣泛的磋商」。而徵詢公眾意見的期限將至今（2016）年3月11日截止。他再補充說：「磋商過程所獲得的結果與回饋意見等資訊，將有助於政府思考下一階段如何進行。至於下一階段，將執行更為詳細的評估，並將候選場址再篩減至2-3處。最終場址則期望能在2016年底之前確定。」

設置國家放射性廢棄物處置場的計畫共有4個階段，提出自願場址候選申請是第一個階段。工業與科技部部長曾於3月2日表示，他預期後續的場址確認、處置場設計和場址許可執照取得，以及處置場的施工和運轉等階段，可望於2020年初期陸續完成。不過他也指出，實際時程仍需視許可執照的申請與核准進度而定。

雖然澳洲並未使用核能發電，但是在核能研究上卻已有很長久的歷史，其中包括運

轉OPAL小型研究用反應爐，以生產可供醫學、研究和工業用途的放射性同位素。目前在澳洲各大學、醫院和實驗室的臨時儲存場所中，散置有約4,250立方公尺的低放射性廢棄物，以及656立方公尺的中放射性廢棄物。為數超過100處的儲存場所都僅取得放射性廢棄物臨時儲存執照而已。但是澳洲於2012年立法通過，在經由自願性的尋址程序下，可設置單一放射性廢棄物處置場以集中管理這些廢棄物。

位於澳洲北領地（Northern Territory）的「麥凱地原住民居住特區（Muckaty Station)」，原本於2007年被當時的澳洲政府指定為澳洲第一座中、低放射性廢棄物的場址預定地。因為代表該地區原住民的「北領地土地理事會」在 2014年6月撤回所提送的場址候選申請書，致使在該原住民居住區設置國家放射性廢棄物處置場的計畫因此被擱置。

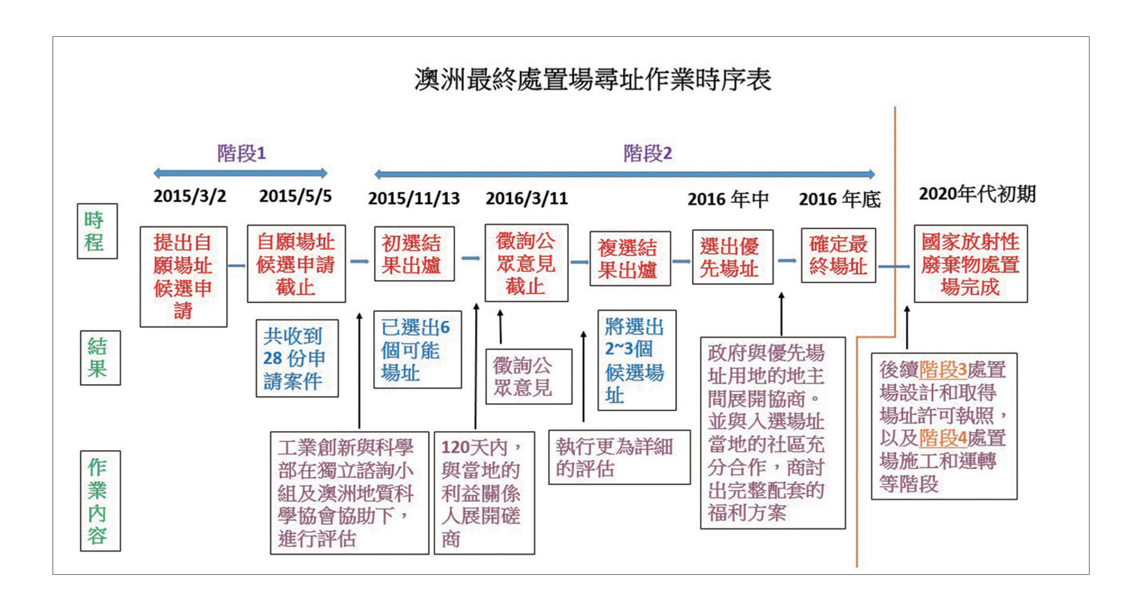
澳洲所屬各州及領地內合格的土地，都可以提出自願場址候選申請。這些申請將由一個獨立的諮詢小組進行評估，諮詢小組會就這些可能場址的合適性，向澳洲政府提出諮詢意見。評估的衡量標準和目標涵括社區福祉、環境的穩定性、環境保護、健康、安全與保安，以及經濟條件等。澳洲政府也已承諾，在計畫進行的每一個階段，都會廣泛徵詢公眾的意見。

一旦申請作業及優先場址確定之後，政府與優先場址用地的所有者之間將展開協商。澳洲政府也已承諾要與入選場址當地的社區充分合作，將根據放射性廢棄物處置場未來可能的施工和營運需求，商討出完整配套的福利方案。

資料來源：

1.http://www.world-nuclear-news.org/WR-Australia-launches-waste-site-search-0203158.html

2.http://www.world-nuclear-news.org/WR-Sites-shortlisted-for-Australian-waste-facility-13111501.html



核能新聞

文．編輯室

國外新聞

歐盟放寬日本福島縣進口食品的管制

日本農林水產省於去（2015）年11月預告，將在獲得歐盟執行委員會（EC）同意後，放寬日本福島縣出口的蔬菜與牛肉等產品的限制，並於今（2016）年1月6日宣布，歐盟已修正對日本食品進口的管制條款，將大幅放寬日本福島食品進口的限制。此條款隨即於1月9日開始生效，這也是歐盟首次將部分福島縣產食品從放射性物質檢測對象名單中移除。

在2011年福島事故發生後，歐盟立即開始對福島縣以及周圍各縣生產的農產品與飼料等食品進口進行管制。日本農林水產省表示，歐盟先前的規定為：除了酒精飲料之外，福島縣出口的食品均必須在出口前通過放射性含量檢驗，並需附上檢查證明方可進口；但在解禁後，自福島縣出產的蔬菜、水果（不包含柿子在內）、茶葉、蕎麥與家畜產品等，均不需要檢驗即可進口，因為上述農畜產品在2013與2014年間的放射性含量從未超出過規定範圍。但其中像是米飯、香菇、大豆與部分漁業產品（如干貝、海帶與活魚等）仍未脫離限制產品之列。

此外，青森與埼玉兩縣將不再屬限制區域，自兩縣所出產的農畜產品也不需要提交輻射檢查證明即可進口。歐盟的進口限制對象今後將減少，剩下福島及周邊的13個縣。目前至少有14個國家一包含澳洲與泰國一已廢除日本食品進口的限制，但仍有許多國家一例如韓國一對日本食品進口保留其限制，對此日本政府主張其缺乏科學根據，正向相關當局與世界貿易組織（WTO）提出撤除要求。

2016/01/09, The Japan Times

韓國新古里 3 號機開始試運轉

韓國新古里3號機組於去（2015）年底開始試運轉，並於29日首次達到臨界，成為韓國第25座運轉中反應爐。該座機組的建設工程始於2008年10月，為首座韓國設計的APR-1000型反應爐投入運轉。韓國水力與核能公司（KHNP）自去年10月底即獲韓國核能安全委員會（NSSC）准許，核發古里3號機組的運轉許可，並於11月初進行共241組燃料的裝填。

在機組試運轉期間，電力輸出將達到滿載，但在正式投入商轉前，電廠仍有一系列的測試將進行，例如熱功能測試，以確保反應爐的主要電路是在正常的溫度與壓力下運行，並將在之後檢測該機組如果在異常運轉狀態下，性能如何。

而同為APR-1400的新古里4號機組，預計將於2017年開始投入運轉。新古里3號與4號最初分別計畫於2013年底與2014年9月開始運轉，但因機組內部的控制纜線並未通過測試必須更換，導致運轉時間遭到延遲。而目前仍處於施工狀態的兩座135萬瓩機組一

新蔚珍1號及2號機，將分別於2017年4月與2018年2月投入運轉行列，除此之外，新古里與新蔚珍核電廠均計畫再建造兩座APR-1400反應爐。

2016/01/07, Nuclear Engineering International

英國關閉全球僅存的鋁鎂鈹合金反應爐

位於英國威爾發（Wylfa）核電廠的全球最後一座鋁鎂鈹合金反應爐（Magnox Reactor，又稱鎂諾克斯合金反應爐），於去（2015）年12月30日完成最後一天服役，比原定計畫多運轉了5年。英國在1956年至1971年間共建造了26座鋁鎂鈹反應爐，英國除役管理局（NDA）自2005年即開始接手所有鋁鎂鈹反應爐的除役相關事項。

威爾士電廠內的兩座機組原先均計畫於2012年停役，但電廠營運公司鎂諾克斯有限公司（Magnox Ltd.），決定僅關閉2號機，使1號機仍可使用剩有的燃料庫存而持續維持運轉，因為鋁鎂鈹反應爐的燃料供應商已於2008年停止製造該種燃料。英國核能管制機構（ONR）也批准了1號機的最新安全審核，允許1號機可繼續運轉至2015年底。該座機組的燃料卸除工作將於今年夏天開始，預計2018年完成，除役的工作全程將需要數十年來完成。

NDA表示，鋁鎂鈹反應爐代表著英國在核工業開發方面，擠身國際領先地位。首座鋁鎂鈹反應爐自1956年開始營運，也帶領英國核工業邁向新的一頁，首座反應爐功率達19萬瓩，可為20萬戶家庭提供電力，威爾士核電廠則於1971年加入運轉行列，功率高達1百萬瓩，占威爾士地區電力需求的4成，為當時全球效率最大的核電廠。

2016/01/04, Nuclear Engineering International

俄羅斯計畫在核電廠內建造國內最大數據中心

當多數國家仍對是否將核能應用於大型耗電工程的概念猶豫不決的時候，俄羅斯卻已於近期宣布，將在境內的加里寧（Kalinin）核電廠內，建立有可能為國內最大型的數據中心。

需要8萬瓩電力才可運轉的數據中心，必須得要有不間斷的能源供給，使得可靠性高的核反應爐成為穩定電力來源的其中一個選項；想當然耳，反應爐也必須不斷地運轉，才可確保數據中心能有效持續運作。雖然這局面可能令人感到震驚，但這的確是個符合邏輯的決定。

為了擺脫煤炭與天然氣等非再生能源的限制，核能無疑是一個更好的綠色能源選項，臉書（Facebook）與谷歌（Google）等多個國際知名科技公司，均表明欲擺脫傳統能源束縛的渴望，俄羅斯因此希望該座新建的數據中心可吸引知名度高的客戶入內落腳，剛好該數據中心的建造商Rosenergoatom公司，先前曾因這些網路巨擘的新建設施有地產相關問題，而有過接觸。根據俄羅斯近期新成立的數據相關法規，為了強化網路安全，非俄籍公司如要進行俄羅斯公民的數據儲存，必須要在俄羅斯境內方可執行，因此，美籍公司或許只能接受這個「邀請」。

此座數據中心其最初工程規劃的首個階段將於2017年3月開始，預計在2018年春季邁入第二階段，該工程計畫至目前為止已耗資將近10億美元，這並未列入IT基礎設施的費用。不過專家指出，這是一個針對加里寧核電廠產能過剩的策略。另外，因考量到此座數據中心所處緯度，溫度很少高於攝氏24度，內中設施有可能利用自然原理自行冷

卻，免費的冷卻功能也將提高此座數據中心的經濟效益。

2015/11/27, Digital Trends

英國放射性廢棄物工廠成功通過固化測試

英國的一座放射性廢棄物玻璃固化示範工廠，在完成其於賽拉斐菲德再處理廠（Sellafield）的部屬前，首次完成初步試運轉。這座名為GeoMelt的容器內部玻璃固化（In-Container Vitrification）工廠，為英國國家核子實驗研究室（NNL）與美國放射性廢棄物專業管理公司庫利昂（Kurion）一同設立。

該座示範工廠在其試運轉程序中的無放射性階段，使用模擬賽拉斐菲德再處理廠內的放射性廢棄物，執行了試驗，結果顯示該套設施在安全、可靠的狀態下符合其設計目標，該設施將被拆除並運送至NNL的謝拉斐爾德中央實驗研究室，該實驗室位於隸屬NNL的沃金頓（Workington）工程設施南方25公里處，最初的穩定性測試即在沃金頓完成。

英國有超過30萬噸適合在GeIMelt工廠、NNL與庫利昂公司處理的中、低放射性廢棄物，與需要同種性質的廢棄物才可執行玻璃固化的傳統技術不同，GeIMelt工廠可同時處裡各種性質的廢棄物，可將如受輻射汙染的土壤與無機粒子交換媒介，轉換為玻璃的型態，也可處理在很多電廠除役時常見到、受輻射污染的石棉。

該玻璃固化技術最先為美國的西北太平洋國家實驗室（PNNL）所開發，可處理如有機廢棄物與重金屬等無放射性，但有危害性的物質，自1990年代至今，已替澳洲、日本、英國與美國處裡並生產將近3萬噸的玻璃固化物。NNL與庫利昂公司計畫在今（2016）年提高GeIMelt內部玻璃固化系統的生產效率，達到最高每年可處理超過200噸的廢棄物，庫利昂公司也將視其有無需要加設另外的系統而做出調整，並表示將把該設施打造成一座展示平台，將其推廣至全球核能市場。

2015/11/20, World Nuclear News

瑞典電力公司證實林卡爾斯 2 座機組將提前停役

瑞典國營電力公司瓦騰福（Vattenfall）在去（2015）年10月中舉行的董事會後表示，將分別於2019與2020年永久關閉林卡爾斯（Ringhals）核電廠2號機與1號機。瓦騰福於去年4月即宣布，基於商業考量，有可能會比原訂計畫的2025年，提早關閉這兩座機組。此外，瓦騰福更在去年9月就已確定，自2017年起將全面停止對這兩座機組進行任何投資，這將可替瓦騰福省下2億美元（超過60億新台幣）的開銷，但這也代表這兩座機組將無法在2020年後運轉，因為機組不改良將無法符合新的核安規定。

瓦騰福的業務總經理表示，瓦騰福是根據燃料成本、未來維修需要的經費與投資等各種分析而做出這個決定，公司已注意到未來電力市場的價格將持續走低，但核能發電成本卻因為政府的新財政政策而不斷往上攀升，瓦騰福只能遺憾地關閉正常運作中的核電機組。

林卡爾斯1號與2號機組分別自1976與1975年開始投入運轉，雖然這兩座機組將提前終止運轉，但同樣位於林卡爾斯的3號與4號機組並不受此影響，仍維持60年的運轉年限至2040年。

2015/10/16, NucNet

國內新聞

我國在 2016 年「全球核子保安評比」排名顯著提昇

「核子保安」主要是指在人力、技術、法制及執行面上，能夠妥善保管核子物料安全的能力，包含如何避免不當使用、流用或是被竊取。核子威脅倡議（NTI）自2012年起，針對全球各國「防範核子物料被偷竊」的狀況進行評比，分成「擁有核武器等級物料」與「非擁有核武器等級物料」國家兩種範疇進行比較；自2016年起，新增各國核設施「防範人為破壞」的評比項目，受評對象是已具有核子設施（含核電廠）的國家，以及已經計畫在未來興建核電廠的國家等共45國。

針對「防範核子物料被偷竊」的評比項目，我國在152個無核武國家中排名第35名、總分73分。對照過去2次的評比，2012年在144國中排名第63名（總分55分）；2014年在151國中排名第47名（總分63分），今年我國排名有顯著提升，且所有的指標都在平均之上，足見我國核子物料的保安管制成果逐漸受到國際間之肯定。

「防範人為破壞」的評比項目，我國在45個受評國家中排名第33名、總分60分。進一步分析評比項目下有關「網路安全」的評分項目，我國得到4分的滿分，與美、俄等核能先進國家一同列入安全名單；其他諸如實體防護、聯合國安理會1540號決議之執行、政治穩定度及國內核子保安立法等方面，都有高於平均值的表現。

本次NTI出版報告全文、摘要報告、分析方法及原始計分表，皆可透過NTI網頁（http://ntiindex.org/）下載取得。

2016.01.18，本刊訊

核三廠 2 號機原能會於 1 月 10 日同意再啟動

核三廠2號機於第22次大修作業期間，反應爐蓋螺樁鬆脫不易的問題已解決，原能會依法審查相關大修作業品質報告及稽查報告，確認螺樁修理作業完成後，已於1月10日同意再啟動。

原能會表示，核三廠2號機反應爐蓋有1根（總共58根）螺樁鬆脫不易，駐廠人員除立即掌握事件情形外，並確認機組已在停機狀態，無核能安全或輻射外釋疑慮。台電公司後續結合原反應爐設計廠家及有經驗的國外顧問公司，提出該螺樁的修復計畫，在經原能會邀集相關領域專家審查同意後，核三廠將卡住的螺樁移除、安裝螺孔牙套、更換新螺樁，並執行必要的檢驗工作，於2015年12月25日完成相關修理作業。

台電公司研判螺樁鬆脫不易的原因，是大修退出螺樁時，螺樁第1牙與螺孔螺牙下方斜面產生刮磨損傷，不斷產生細小磨屑，逐漸累積至相當體積，導致發生磨擦黏結現象，使得螺樁無法退出。核三廠已針對此肇因提出改善措施，以防範再發生。

原能會表示，國內核一、二、三廠過去均未曾發生類似案例，而國外有多起類似案例，處理方式包括評估現況仍符合法規安全原則後申請繼續運轉，或移除螺樁並檢測螺孔螺牙受損情形，視嚴重程度分別以整修螺牙、有限度移除受損螺牙、或安裝螺孔牙套完全修復等不同處理方式。此次台電公司採用移除螺樁並更新的一次性完全修復方式處理。

2016.01.11，本刊訊

何博士的日常豆知識

Q：核能發電是如何發電的？
發電原理跟火力與水力
發電相同嗎？

加熱
核分裂
產生熱能
水被加熱
形成蒸汽
利用蒸汽推動發電機
產生電能
傳輸到使用者
這真是太神奇了！
傑克！

答案是相同的！
差異只在
推動發電機的方式
不同而已。

核能發電？！
不是聽說是用
輻射發電的嘛？！

鄉

別再相信傳說拔到獅子的鬃毛，掉落的頭髮就能長回來的謬論了！

何博士的日常豆知識

Q：核能發電與核子武器有何不同？

聽說
台灣有23萬顆原子彈核廢料
是不是會核爆啊！

放心！

鄉

平平是鈾235
核能發電核燃料濃度只有3-5%
和原子彈的90%，大大不同！

鈾235

BOOM!

核能電廠
鈾235濃度 3-5%

原子彈
鈾235濃度 90%

另外，鈾235的濃度，
須高度人工技術提煉才能製造核子彈，
一般狀態下，濃度不會提高，
更不可能發生核爆。

別再相信台灣人坐在23萬顆原子彈上的謬論了！